ELEMENTI DI ASTRONOMIA

ad uso delle Scuole e per Istruzione privata

COMPILATI

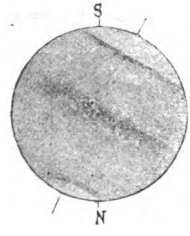
DAL

P. ADOLFO MÜLLER d. C. d. G.
Professore di Astronomia nell' Università Gregoriana
Direttore dell'Osserv. Astron. sul Gianicolo

UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

ASTROFISICA - ASTROCRONACA

CON 150 INCISIONI INTERCALATE NEL TESTO



ROMA
DESCLÉE, LEFEBVRE E C. EDITORI
Piazza Grazioli (Palazzo Doria)
1906

Digitized by Google

THE
UNIVERSITY OF
CHICAGO LIBRARY

QB43
M9

PROPRIETÀ LETTERARIA

IMPRIMATUR

Fr. Albertus Lepidi O. P., S. P. A. Magister.

IMPRIMATUR

Iosephus Ceppetelli Patr. Constantinop. Vicesgerens.

Tournai, 1906 - Tipografia della Società di San Giovanni Evangelista.

Digitized by Google

3152

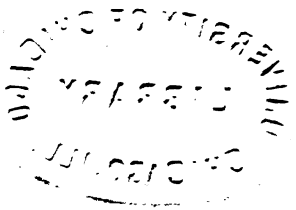
251320

P. ANGELO SECCHI S. J.
† 1878

« Meritos viro insigni honores doctrina et religio certatim instaurent, ediscatque progenies succrescens, quid acies possit humani ingenii duce et auspice Fide ».

LEO XIII
(Nel XXV anniversario della morte dell'insigne Astronomo).

Digitized by Google



Digitized by Google

INTRODUZIONE

Il presente libro di *Astrofisica* è il primo compendio di questo ramo interessante dell'Astronomia, che si pubblica in Italia. Sembra perciò che esso venga ad empire una vera lacuna nella nostra letteratura; del resto le molte domande pervenuteci sul suo compimento, dopo l'annunzio fattone, due anni fa, ci servono di testimonianza del vero bisogno che esiste d'una simile pubblicazione. Il ritardo dell'edizione fu cagionato da circostanze indipendenti dall'autore, il quale però ha avuto così tutto l'agio di perfezionare vieppiù la sua opera, avendo riguardo alle pubblicazioni più moderne ed alle scoperte importanti recentissime, come, per esempio, alle interessanti discussioni sui pianeti Venere e Marte, alla inaspettata scoperta dei nuovi satelliti di Giove e Saturno, al ritorno dell'attività solare ed altre simili cose nuove, che trovansi debitamente registrate e discusse nel nostro libro.

Il presente volume, benchè serva direttamente a compimento dei nostri *Elementi di Astronomia* (il primo volume dei quali fu pubblicato nel 1904), potrebbe tuttavia essere considerato come un trattato indipendente, adattato allo studio anche di quei lettori, i quali non trovassero il tempo o l'agio a percorrere tutta la materia dei libri precedenti del-

Digitized by Google

l'*Astrometria* ed *Astromeccanica*. Dove però un riscontro colle materie ivi trattate sembra desiderabile, opportune citazioni dei paragrafi rispettivi lo rendono facile e spedito; e dove queste non bastassero, l'indice alfabetico generale dei due volumi, darà qualunque altra informazione.

L'Astrofisica, come ramo relativamente recente della scienza astronomica, si trova ancora in pieno sviluppo; abbiamo perciò, più che nel primo volume, potuto fare uso delle nostre proprie osservazioni; anche un buon numero delle molte figure illustrative, disegnate da noi stessi, sono originali. Con tutto ciò, l'autorità di altri astronomi competenti non è stata trascurata, come ognuno può facilmente persuadersi dalle molte ed accurate citazioni delle loro opere e monografie, pubblicate sulle varie questioni occorrenti.

Fra cotali autori benemeriti dell'Astrofisica come promotore (per non dire fondatore) principale, spicca la figura del nostro venerando maestro e predecessore, l'insigne astronomo P. Angelo Secchi, alla cui memoria sono dedicate queste pagine, e la effigie del quale adorna quindi meritamente il frontispizio di questo volume. In molti luoghi del nostro compendio bastava fare un riassunto di quello che il padre Secchi aveva già esposto nei molteplici suoi scritti.

Dove però studi più recenti hanno ampliato le vedute, questo accrescimento ha trovato la dovuta attenzione. Anzi speriamo che nessuna discussione importante, pubblicata anche recentemente, ci sia sfuggita; benchè a cagione dei nostri mezzi limitati e della molteplicità delle pubblicazioni moderne, la

Digitized by Google

cosa non sia del tutto esclusa. Preghiamo perciò i nostri illustri colleghi, in caso d'una svista simile, di farcelo sapere, e saremo lieti di empire la lacuna in una prossima edizione.

Del resto ricordiamo di nuovo, che la nostra opera non pretende di abbracciare tutta la materia in un modo esauriente. Essa non è scritta per l'istruzione di astronomi già formati, e neppure per la formazione di tali. Lo scopo che ci proponemmo colla pubblicazione di questo compendio, non fu altro che di fornire un mezzo di facile istruzione nelle questioni astronomiche ai nostri studenti, bramosi di procurarsi una soda e generale istruzione nelle scienze naturali, tanto stimate ai nostri giorni. In prima linea queste pagine sono destinate all'uso dei numerosi studenti della nostra Università Gregoriana, per i quali gli studii triennali filosofici servono di preparazione e d'introduzione al quadriennio teologico. Perciò si troverà anche più del solito rivolta l'attenzione ai vari punti di contatto tra scienza e fede, tra natura e rivelazione. Opportune riflessioni di questo genere, fatte colla dovuta brevità, non saranno forse neppure discare a tanti studenti cattolici delle nostre Università, i quali, altrove, non solamente trovano poca direzione od aiuto nelle molteplici questioni di questo genere, ma piuttosto tutto il contrario.

Speriamo che dalla lettura di quest'opera in essi si confermi la persuasione della verità, autorevolmente proclamata da uno dei recenti mecenati degli studi astronomici, dal Sommo Pontefice Leone XIII; che cioè si fa ingiuria non piccola alla filosofia cattolica col dire, che essa sia avversa alle scienze

Digitized by Google

naturali ed al progresso scientifico in generale [*nonnisi per summam iniuriam eidem philosophiae vitio verti, quod naturalium scientiarum profectui et incremento adversetur.* - Encycl. *Aeterni Patris*].

Infine prendiamo volentieri questa occasione di rinnovare i nostri ringraziamenti a tutti quelli che ci hanno incoraggiato ed aiutato in questa pubblicazione, tra i quali meritano una speciale menzione il nostro collega P. Mezzetti S. J. e la Casa Editrice Desclée, Lefebvre. A questi ringraziamenti siamo lieti di potere qui aggiungere quelli per le riviste benevole, incontrate in varii periodici, e per le molte felicitazioni pervenuteci dopo la pubblicazione del primo volume, specialmente da scienziati competenti, tra i quali ci sia permesso di nominare in questo luogo almeno uno, l'illustre astronomo milanese Giovanni Schiaparelli, al quale fin dal 1877 lo stesso P. Secchi (*in attestato di sincera stima e di profondo rispetto*), volle dedicato il suo libro *Sulle Stelle.*

Roma, 25 dicembre 1905.

L'Autore.

Digitized by Google

INDICE

LIBRO III: ASTROFISICA

PARTE I.

Strumenti e metodi.

CAPITOLO I. Prenozioni generali . . . . . Pag. 1
CAPITOLO II. La fotografia celeste 10
ART. I. Invenzione e perfezionamento del processo fotografico. 10
ART. II. Le prime applicazioni all'astronomia. Telescopi fotografici 12
ART. III. Carta fotografica di tutto il cielo stellato 17
ART. IV. Nuove scoperte fatte per mezzo della fotografia. Nuove applicazioni 19
ART. V. Fotografie del Sole, della Luna e dei pianeti, delle comete e meteore 22
ART. VI. Strumenti ausiliari 26
ART. VII. Riproduzione ed ingrandimento delle fotografie celesti. Utilità dei disegni 28
CAPITOLO III. La spettroscopia celeste 30
ART. I. Le prime analisi dello spettro solare 30
ART. II. Lo spettroscopio e le sue prime applicazioni . . . 36
ART. III. Nesso tra gli spettri di emissione e di assorbimento. Inversione dello spettro 40
ART. IV. Spettri di diffrazione. Misura assoluta delle righe spettroscopiche 43
ART. V. Modificazione degli spettri a cagione della variazione di temperatura e pressione. Spettro dei composti chimici . . . 48
ART. VI. Perfezionamento degli apparati spettrali. Spettroscop a visione diretta 50
ART. VII. Spettroscopi stellari 53
ART. VIII. Il principio di Doppler. Riversione dello spettro . . 58
ART. IX. Lo spettrografo e la fotografia dello spettro . . . 60

Digitized by Google

CAPITOLO IV. La fotometria celeste . . . . . Pag. 63
ART. I. Primi metodi di fotometria 63
ART. II. Il fotometro di Zöllner 65
ART. III. La fotografia applicata alla fotometria 68

PARTE II.

Fisica terrestre, lunare e solare.

CAPITOLO I. Costituzione della Terra (♁) 70
ART. I. Aspetto esterno del nostro pianeta 72
ART. II. Calore interno del globo terrestre 77
ART. III. Struttura della corteccia terrestre. Ere geologiche più antiche 86
ART. IV. Gli ultimi assestamenti della corteccia terrestre. Epoca quaternaria, glaciale, vulcanica 96
ART. V. L'èra attuale della terra. Il flusso e riflusso dei mari. Le vicende atmosferiche 107
ART. VI. Il magnetismo terrestre. Fenomeni elettrici . . . 120
ART. VII. Spettroscopia tellurica. Astrometeorica 127
ART. VIII. Massa terrestre 142
Coroll. La geogonia naturale comparata colla mosaica . . 151
CAPITOLO II. La Luna (☽) 158
ART. I. Cenni storici sullo studio della fisica lunare . . . 158
ART. II. I primi studii selenografici fatti col telescopio . . 163
ART. III. Le prime carte lunari colla loro nomenclatura . . 167
ART. IV. Rotazione, librazione e fasi della Luna 173
ART. V. Selenografia moderna 180
ART. VI. Studio particolare delle formazioni lunari . . . 188
ART. VII. Selenologia e selenogonia 195
ART. VIII. Questione dell'abitabilità della Luna. Cambiamenti attuali 203
ART. IX. Influssi lunari sopra la Terra 209
ART. X. Fenomeni astrofisici osservati nelle eclissi lunari . 216
CAPITOLO III. Il Sole (☉) 222
ART. I. Prenozioni generali sulla figura, grandezza e massa solare 222
ART. II. Scoperta delle macchie solari 226
ART. III. Varii metodi di osservare il Sole 231
ART. IV. La rotazione del Sole dedotta dalle macchie . . 237
ART. V. Studi particolari della superficie solare (granulazione, facole) 243
ART. VI. Descrizione delle macchie solari 247
ART. VII. Varie opinioni sulla natura delle macchie solari . 255
ART. VIII. Eclissi totali del Sole. Le Protuberanze 261

Digitized by Google

ART. IX. Osservazioni spettroscopiche del Sole . . . Pag. 265
ART. X. Periodicità dell'attività solare 273
ART. XI. La costituzione del Sole 277
ART. XII. La corona solare 283
ART. XIII. Il calore solare e la sua conservazione 290
ART. XIV. Il Sole, regolatore principale della fisica terrestre . 294

PARTE III.

Costituzione dei singoli pianeti.

CAPITOLO I. Il pianeta Marte (♂) 299
ART. I. Cenni storici sui primi studi del pianeta 300
ART. II. Areografia moderna 306
ART. III. Progressi areografici dopo il 1877. Scoperte di Schiaparelli 316
ART. IV. Cambiamenti topografici osservati dal 1877 in poi. 323
ART. V. La costituzione fisica del pianeta 330
ART. VI. Ipotesi areologiche. I canali di Marte ed il loro raddoppiamento 335
ART. VII. I satelliti di Marte 343
CAPITOLO II. Il pianeta Giove (♃) 347
ART. I. La rotazione del pianeta dedotta dalle macchie . 348
ART. II. Osservazioni moderne della superficie planetaria . 351
ART. III. Costituzione del pianeta 355
ART. IV. I satelliti di Giove 358
CAPITOLO III. Il pianeta Saturno (♄) 369
ART. I. Descrizione generale 369
ART. II. Studio particolare degli anelli 374
ART. III. Costituzione fisica del sistema saturnino 380
ART. IV. I satelliti di Saturno. Tavola sinottica 385
CAPITOLO IV. Il pianeta Venere (♀) 389
ART. I. Le fasi di Venere 390
ART. II. La rotazione del pianeta 395
ART. III. Costituzione fisica del pianeta 403
Coroll. Sul preteso satellite di Venere 410
CAPITOLO V. Il pianeta Mercurio (☿) 412
ART. I. Fasi, macchie e rotazione del pianeta 413
ART. II. Costituzione fisica di Mercurio 418
Coroll. Il preteso pianeta intramercuriale 422
CAPITOLO VI. Il pianeta Urano (♅) 425
ART. I. Nozioni astrofisiche 426
ART. II. I quattro satelliti di Urano 428

Digitized by Google

CAPITOLO VII. Il pianeta Nettuno (♆). Il satellite . Pag. 431
Coroll. Pianeti ultranettuniani 433
CAPITOLO VIII. I pianetini tra Marte e Giove 434
Tavola delle varie Costanti del sistema planetario . . . 439

PARTE IV.

Fisica stellare.

CAPITOLO I. La scintillazione delle stelle 440
ART. I. Fenomeni generali 440
ART. II. Scintilloscopi e scintillometri 444
Coroll. I. Nutazione delle stelle 448
Coroll. II. Scintillazione dei pianeti 449
Coroll. III. Previsione del tempo dalla scintillazione . . . 452
CAPITOLO II. Spettroscopia stellare 452
ART. I. Classificazione delle stelle in varii tipi spettrali . 454
ART. II. Ulteriori studi degli spettri stellari 459
Coroll. Stelle colorate 461
CAPITOLO III. Stelle nuove e variabili 464
ART. I. Cenni storici 464
ART. II. Variabilità periodica delle stelle 467
ART. III. Metodo di osservazione delle stelle variabili . . . 470
ART. IV. Spiegazioni teoriche 471
CAPITOLO IV. Gruppi stellari e Nebulose 477
ART. I. Gruppi stellari più notevoli 479
ART. II. La Via lattea 482
ART. III. Le Nebulose 485

PARTE V.

Astrometeorica.

CAPITOLO I. Le comete 492
ART. I. Prenozioni storiche 492
ART. II. Fisica costituzione delle comete 498
ART. III. Teoria delle code cometarie 502
CAPITOLO II. Meteore e stelle cadenti 506
ART. I. Relazione tra le comete e le stelle cadenti . . . 506
ART. II. Bolidi ed aeroliti 508
ART. III. Sull'origine dei meteoriti e delle meteoridi . . . 512
CAPITOLO III. La Luce zodiacale 515
ART. I. Descrizione del fenomeno 515
ART. II. Sulla natura della Luce zodiacale 518

Digitized by Google

PARTE VI.

Cosmogonia e Cosmologia.

CAPITOLO I. Grandezza e struttura dell'universo. Pag. 523
ART. I. La distanza delle stelle 523
ART. II. Il numero delle stelle 526
ART. III. Struttura dell'universo 530
CAPITOLO II. Sistemi cosmogonici 532
ART. I. Il sistema Kant-Laplace (Prenozioni) 532
ART. II. Discussione e modificazione del sistema 536
ART. III. Soluzione di alcune difficoltà rimanenti 542
ART. IV. Cosmogonia dell'universo 546
CAPITOLO III. Sulla pluralità di mondi abitabili 550
ART. I. Questione del fatto di mondi abitati 550
ART. II. Questione della possibilità 553
ART. III. Probabilità di altri mondi abitati (in senso ristretto). 557
ART. IV. Ragioni di analogia e di convenienza 562
Tavola delle principali costanti del Sole e della Luna . 567

APPENDICE: ASTROCRONACA

I. Astronomia antica 568
II. Astronomia medioevale 571
III. Astronomia moderna 574

Errata-Corrige 578
Indice alfabetico dei due volumi 580

Digitized by Google

Digitized by Google

LIBRO TERZO

ASTROFISICA

Digitized by Google

Digitized by Google

PARTE PRIMA

STRUMENTI E METODI

CAPITOLO I.

PRENOZIONI GENERALI

1. — **Astrofisica** chiamasi quel ramo della scienza astronomica, il quale ha per oggetto le proprietà fisiche, la struttura esterna ed interna, la natura e la costituzione fisica e chimica dei corpi celesti. Prima dell'invenzione del canocchiale (I, num. 170) queste cose sembravano del tutto inaccessibili ad uno studio di osservazione e di esperienza. Ma tosto che l'occhio penetrante del telescopio fu diretto verso il cielo stellato, si vide una massa di cose nuove fin allora mai vedute, e sui corpi celesti già conosciuti si riconobbero delle particolarità che fecero stupire tutto il mondo degli eruditi. Quelle macchie nere, osservate da secoli sulla faccia del nostro satellite, sulla Luna, furono immantinente riconosciute essere sterminate pianure, mentre i punti brillanti, che spiccano come stelle tra di esse, si rivelarono come vette di altissime montagne. Sul Sole stesso, nel quale fin allora soleva celebrarsi il simbolo della purezza e luminosità, si scoprirono macchie ed ombre in gran numero. I pianeti, spiegando le loro fasi nel campo del telescopio, attestarono con ciò la molteplice dipendenza dall'astro centrale, il Sole; mentre la scoperta dei loro satelliti attestava la somiglianza colla Terra nostra, accompagnata dalla Luna nel suo corso annuo intorno al Sole. La via lattea (I, num. 22), sulla natura della quale gli antichi appena osarono di fare qualche timida congettura, fu immantinente riconosciuta come un ammasso indecifrabile di milioni e milioni di stelle. Il numero delle stelle fisse in tutte le parti del cielo sembrava moltiplicarsi in un modo stupendo: insomma un campo del

Digitized by Google

tutto nuovo si apriva alle ricerche dell'astronomo; l'astrofisica, ossia lo studio della natura e costituzione dei corpi celesti, della struttura intima, non soltanto dei singoli astri, ma di tutto l'universo, può quindi dirsi inaugurata colla scoperta del telescopio.

2. — I primi risultati di tali ricerche astrofisiche si trovano nelle varie opere pubblicate dopo quei tempi, tra le quali basta nominarne alcune: il *Nunzio sidereo*,(1) la discussione sulle *Macchie solari* (2) e finalmente il *Dialogo sopra i due sistemi massimi del mondo* (3) di Galileo Galilei – l'opera grande *Sul Sole* del padre Cristoforo Scheiner (4) – la *Descrizione della Luna* di Giovanni Hevel, (5) l'*Almagesto nuovo* del padre Giov. B. Riccioli, (6) l'*Astronomia riformata* del medesimo, nella quale si trovano tra moltissime altre notizie, riassunte tutte le osservazioni fatte sulle varie strisce e macchie osservate sul pianeta Giove dal 1630 al 1664. – Meritano inoltre speciale menzione i vari lavori di questo genere fatti dal grande Keplero, (7) le varie monografie sui singoli pianeti

(1) SIDEREUS NUNCIUS, longeque admirabilia spectacula pandens suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero philosophis, atque astronomis, quae a G. Galileo perspicilli nuper a se reperti beneficio sunt observata. 4°, Venetiis, 1610. Cfr. vol. I, n. 379.

Edizione nazionale delle Opere. Vol. III, p. 15 sgg. Firenze, 1892.

(2) Ediz. naz. Vol. V, p. 7 sgg.

(3) Ediz. naz. Vol. VII.

(4) ROSA URSINA sive SOL ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius, ecc. a Christophoro Scheiner, Germano Suevo, e Soc. Iesu. Fol. Bracciani, 1630.

(5) SELENOGRAPHIA, sive Lunae descriptio, atque accurata tam macularum eius, quam motuum diversorum, aliarumque omnium vicissitudinum phasiumque telescopii ope deprehensarum delineatio. Fol. Gedani, 1647.

(6) ALMAGESTUM NOVUM, astronomiam veterem novamque complectens, observationibus aliorum et propriis, novisque theorematibus, problematibus et tabulis promotam auctore P. Io. Bapt. Ricciolo S. I. Ferrariensi. 2 vol. Fol. Bononiae, 1651.

ASTRONOMIAE REFORMATAE, tomi duo, quorum prior observationes, hypotheses et fundamenta tabularum, posterior praecepta pro usu tabularum astronomicarum et ipsas tabulas astronomicas CII continet. Fol. Bononiae, 1665.

(7) Opera omnia Io. Kepleri. 8 vol. Francofurti & Erlangae, 1858–71.

Digitized by Google

degli astronomi Meyer,[1] Huygens,[2] Cassini,[3] Bianchini,[4] ed altri.

Una semplice ispezione di queste opere fa vedere che la scienza astronomica da più di tre secoli ha riconosciuto la legittimità di ricerche astrofisiche nel senso da noi indicato. Si capisce quindi lo studio indefesso di perfezionare sempre più il potente mezzo, lo stesso telescopio, che avea dato quei primi bei risultati. Passato però il periodo delle prime strepitose scoperte, ulteriori sforzi di strappare altri segreti astrofisici dal cielo stellato sembravano inutili; donde gli stessi astronomi ritornarono a coltivare piuttosto il campo più promettente dell'Astrometria ed Astromeccanica.

3. — Così stavano le cose al principio del **secolo decimonono**, il quale era destinato ad alzare di nuovo il prestigio della quasi dimenticata astrofisica. Astronomi come W. Herschel,[5] Schroeter,[6] Schwabe[7] ripigliarono gli studi delle vicende solari; – lo stesso Schroeter[8] ed i suoi compatrioti Gruithuisen,[9] Lohrmann,[10] Beer e Mädler[11] ripresero le ricerche sulla superficie della Luna; – altri riconobbero nello studio attento della fisica terrestre, detta anche semplicemente Geofisica, un mezzo a dedurne legittime conclusioni per la fisica di tutto il sistema planetario, anzi di tutto l' Uni-

(1) Sim. Marius, *Mundus iovialis* anno 1609 detectus ope perspicilli Belgici. Norimbergae, 1614.

(2) Hugenius, *Systema saturninum.* Hagae Comitis, 1659.

(3) J. D. Cassini, Lettere astronomiche all' abbate O. Falconieri sopra la varietà delle macchie osservate in Giove. Fol. Roma, 1665.

(4) *Hesperi et Phosphori nova phaenomena.* Fol. Romae, 1728.

(5) « *Observations tending to investigate the nature of the Sun* ». Phil. Transactions, London, 1801.

(6) *Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken.* Erfurt, 1789.

(7) *Periodicität der Sonnenflecken.* Astron. Nachrichten, 1844, 234.

(8) *Selenotopographische Fragmente* zur genauen Kenntniss der Mondfläche, ihrer erlittenen Veränderungen und Atmosphäre. 3 vol. 4°, Göttingen, 1791–1802.

(9) *Selenognotische Fragmente.* Bonn, 1821 e 1825. « *Tagebuch der Mondbeobachtungen* ».

(10) *Topographie der sichtbaren Mondoberfläche.* Leipzig, 1824.

(11) Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemeine vergleichende Selenographie, 4°, Berlin, 1837.

Digitized by Google

verso.[1] I singoli pianeti furono di nuovo esaminati rispetto alla loro massa, struttura, superficie, atmosfera, rotazione ecc.[2]. Lo studio della natura, struttura e provenienza delle comete e delle varie meteore trovò nuovi coltivatori;[3] anzi fenomeni fin allora poco osservati, come la luce zodiacale, la scintillazione delle stelle e simili, non furono più giudicati doversi escludere dall'osservazione dell'astronomo.[4] In quell'epoca ebbero pure origine le note teorie di Kant e Laplace sull'origine del sistema solare,[5] le quali incontrarono la quasi generale approvazione, e meritano anche oggi una seria discussione.

4. — Quello però che più di ogni altra cosa diede uno slancio nuovo a cosiffatte ricerche fu l'invenzione di **nuovi mezzi di osservazione**, di nuovi apparati scientifici, di nuovi metodi, l'applicazione della fotografia, della fotometria, ma principalmente della spettroscopia, all'astronomia. Il nesso fisico tra i fenomeni studiati sul nostro globo terrestre e quelli osservati sui corpi celesti, si rese sempre più evidente. Le specole astronomiche cominciarono a trasformarsi in osservatorii

(1) Cfr. CAVENDISH, Experiments to determine the density of the Earth. Phil. Transactions, 1798, p. 468 sgg.

REICH, Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mittels der Drehwage. Freiburg, 1838.

J. HUTTON, Theory of the Earth. Edinburgh, 1795.

A. WERNER, Kurze Klassification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden, 1787.

(2) Cfr. SCHROETER, « Hermographische Fragmente zur genaueren Kenntniss des Planeten Mercur ». Göttingen, 1800.

DE VICO, Sulla rotazione del pianeta Venere. Memorie della specola del Collegio Romano. Roma, 1840–50.

GRUITHUISEN (Variazioni osservate sulla superficie del pianeta Giove). Astron. Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher. München, 1843-44.

SCHROETER, Kronographische Fragmente zur genaueren Kenntniss des Planeten Saturn, seines Ringes und seiner Trabanten. Göttingen, 1808.

(3) OLBERS, Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811.

BESSEL, Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Kometen. 1836.

(4) SCHÖN, Bemerkungen über das Zodiakallicht, 1789.

ARAGO, Mémoire sur la scintillation des étoiles. Paris, 1840.

(5) KANT, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, 1775.

LAPLACE, Exposition du système du monde. Paris, 1796.

Digitized by Google

astrofisici, nei quali le camere fotografiche, apparati fotometrici e spettroscopici presero un posto distinto accanto agli equatoriali e circoli meridiani (I, num. 196). Anzi una completa sorveglianza della meteorologia terrestre, dell'azione magnetica e sismica della Terra mediante acconci apparati insieme colle osservazioni celesti sembrò molto utile, se

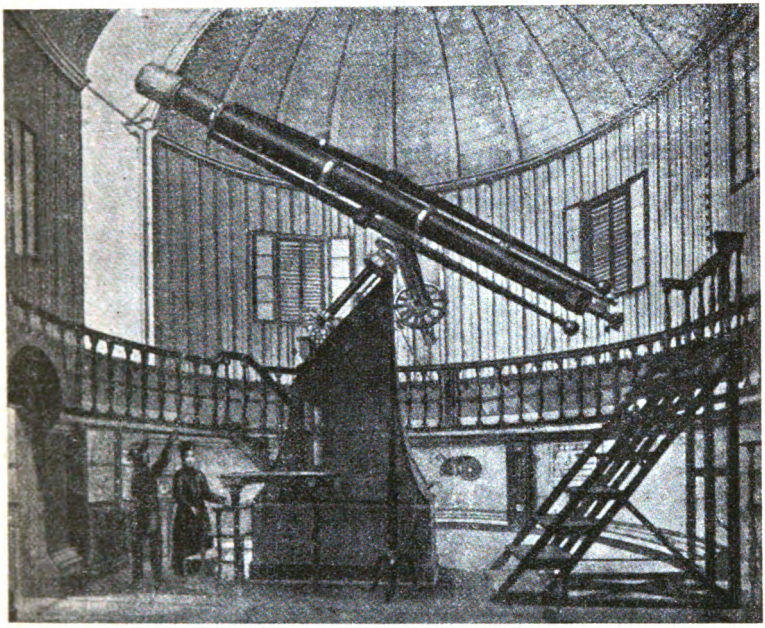


Fig. 1. Grande equatoriale del P. Secchi al Collegio Romano.

non necessaria, per conoscere sempre meglio quella unità ed armonia delle forze fisiche, che regna in tutto l'Universo.

5. — È un merito indubitato del nostro maestro e predecessore **P. Angelo Secchi**, di avere non solamente riconosciuto l'opportunità di tali istituti, ma di avere stabilito fin dal 1852 nella Specola dell'Università Gregoriana del Collegio Romano un primo tipo di tali osservatorii (Fig. 1), il quale, ad onta delle sue modeste dimensioni, si procacciò una fama mondiale e diventò il modello di altri simili istituti dipoi sopra scala più ampia e con mezzi incomparabilmente più ricchi

Digitized by Google

fondati in altri paesi dagli stessi Governi.[1] Lo studio astrofisico, che non pochi astronomi, amatori eccessivi dell'astrometria ed astromeccanica riguardavano da principio come una superfetazione nell'astronomia scientifica, fu tosto riconosciuto non solamente come legittimo, ma come compimento desiderabile, se non assolutamente necessario della scienza degli astri.

(1) L'osservatorio è collocato sulla vetta della grande chiesa di S. Ignazio, la quale occupa l'angolo nord-ovest del grandioso Collegio Romano, dal tempo di Gregorio XIII fino al 1870 sede della pontificia Università Gregoriana, diretta dai padri della Compagnia di Gesù. Gli strumenti principali sono collocati sopra i piloni, che doveano reggere la cupola della chiesa (rimasta incompleta). Questi piloni, avendo non meno di sette metri di lato per ogni verso, formano una base abbastanza soda, fortificata ancora da muri rinfiancanti di una robustezza straordinaria. L'installazione del nuovo Osservatorio impose grandi sacrifizi agli stessi confratelli del P. Secchi, dei quali alcuni col loro patrimonio concorrevano a completare sì nobile impresa scientifica.

La figura 1 (riprodotta dalle *Memorie dell'Osservatorio*, 1852-55) rappresenta il grande equatoriale, acquistato in questo modo dal Merz di Monaco, e collocato nel 1852 sulla detta chiesa di S. Ignazio. La lente obiettiva aveva un'apertura libera di 24 cm. colla lunghezza focale di metri 4,33. La sala (sul modello della quale fu poi nel 1887 costruita quella dell'Osservatorio nostro privato sul Gianicolo, I, num. 205) di forma circolare, era fornita di un *cielo mobile* del diametro di metri 7,70. Le due spranghe biconiche, parallele al tubo principale, coi loro contrapesi, servirono ad impedire l'inflessione del cannocchiale. Il resto, dopo le spiegazioni premesse (I, num. 202), è chiaro dalla figura stessa.

Il padre Secchi, persuaso dell'importanza di studi comparativi di astrofisica e di meteorologia, inventò una macchina, chiamata da lui meteorografo, la quale in modo continuo grafico registrava sopra uno stesso foglio di carta i vari fenomeni meteorologici, giorno e notte, senza interruzione. Benchè questo apparato ingegnosissimo (che meritò all'inventore la medaglia d'oro all'esposizione di Parigi, 1867, colla croce di ufficiale della legione d'onore, datagli dalla mano dell'imperatore Napoleone III) oggidì sia superato da congegni più perfezionati, nondimeno a suo tempo segnalava un'epoca in questo genere di ricerche; per la qual cosa una breve descrizione forse non spiacerà ai nostri lettori.

La figura 2 dà l'aspetto generale della macchina da un lato; manca però un pezzo della base colla quale l'apparato, largo 1,31 metri, arrivò all'altezza di circa 2,5 metri. Una cornice quadrata (A) sostiene una tavoletta, sulla quale si trova la carta (ben stirata) rigata a quadri, sulla quale vengono registrati simultaneamente i vari fenomeni, uno accanto all'altro. Un barometro (B) a bilancia, sospeso da una leva angolare I F è immerso nella vaschetta Q. La leva munita (presso O) di un sufficiente contrappeso, posa in *g* mediante un coltello triangolare sopra i cuscinetti,

Digitized by Google

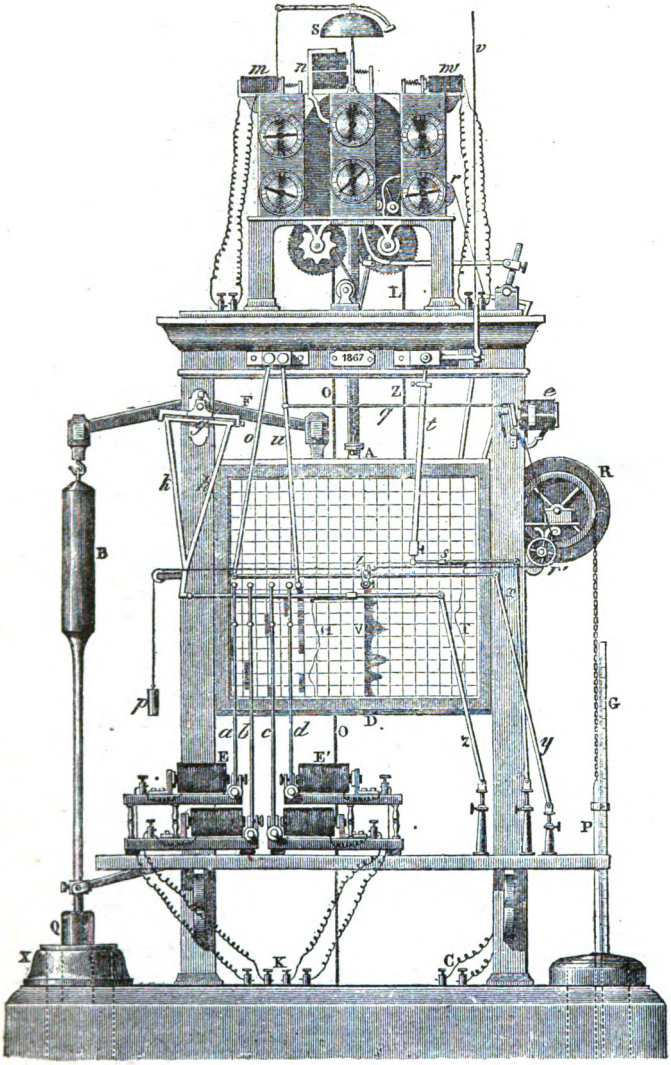


Fig. 2. Il meteorografo del P. Secchi.

Digitized by Google

6. — Contemporaneamente al Secchi vediamo un buon numero di **astronomi insigni**, italiani ed esteri, dedicarsi a questo genere di ricerche astrofisiche; fra gli altri Respighi in Roma, Schiaparelli in Milano, Tacchini in Palermo, Jansen in Parigi, Lockyer in Londra, Lohse e Vogel in Berlino e Potsdam, Struve in Pietroburgo (per nominare soltanto al-

movendo ad ogni oscillazione il parallelogrammo articolato $g\,z$, che riduce il moto angolare nella parte, dove è fissato il lapis registrante, ad un moto rettilineo orizzontale. La tavola A regolata dall'orologio, che vedesi in cima, scende pian piano, producendo così la curva barometrica H. Simili registri vengono fatti dall'anemometro. Non solamente l'intensità, ma anche la direzione del vento vedonsi fedelmente descritte; la prima dalla leva i, l'altra dalle quattro leve a, b, c, d, secondo i vari quadranti della rosa dei venti. Queste ultime vengono regolate dalle elettrocalamite E E′, le quali, mediante i fili conduttori K, comunicano colla banderuola collocata sulla torretta del Collegio. Secondochè la banderuola passa da un quadrante della rosa dei venti all'altro, cessa l'azione di una delle quattro leve, cominciando l'azione dell'altra. La velocità del vento viene indicata dal parallelogrammo $o\,i\,y$ mediante il noto mulinello di Robinson, il quale ad ogni giro apre e chiude una corrente elettrica, mandando così un segnale al meteorografo che colle lineette orizzontali V a dati intervalli registra la velocità. Per amore di brevità omettiamo la descrizione dei vari "contatori", che intervengono (mediante una funicella $r\,r'\,i\,p$) in queste registrazioni, i quali coi vari roteggi si vedono nella parte superiore della figura; la funzione di questi trovasi descritta dallo stesso P. Secchi nel Bullettino meteorologico dell'Osservatorio (anno 1866, pag. 25 sgg.). La temperatura vedesi registrata dal sistema di leve $t\,s\,x$ che produce la curva termografica T. Essa viene prodotta dalla variazione di lunghezza di un filo di rame v, lungo 17 metri, sospeso verticalmente all'aperto in un luogo adattato.

L'ora quando piove è indicata della leva $u\,q$, mossa dall'elettromagnete e, che sta in comunicazione con una ruota a cassette, posta all'aperto in modo a ricevere la pioggia. Quando piove, questa comincia a girare chiudendo ed aprendo la corrente elettrica a certi intervalli e producendo così i registri, che si vedono accanto a quelli della direzione dei venti.

La quantità viene misurata da un galleggiante, immerso nella vasca a destra della figura, il quale per mezzo d'un'asticella verticale P rende visibile il livello sulla scala aggiunta G. Per registrare questo livello, l'asta P comunica mediante una catenella, girante intorno alla ruota R colla leva scrivente. La catenella è tesa da un contrappeso; un disco di carta attaccato alla ruota riceve i segni del lapis.

Al quadro A visibile nella figura, che scorre verticalmente in guide di ferro poste tra le colonne, corrisponde un altro dall'altra parte della macchina, sul quale, oltre un secondo registro della pressione atmo-

Digitized by Google

cuni).[1] Vediamo sorgere grandi stabilimenti astrofisici presso le città capitali dei vari paesi non solamente nell'Europa, ma nell'America, Asia, Africa ed Australia. Governi, Istituti scientifici pubblici e privati concorrono con nobile gara a somministrare agli scienziati i mezzi talvolta costosissimi, ma necessari all'ardua impresa; lo stesso Romano Pontefice Leone XIII volle stabilire nei giardini Vaticani un osservatorio astronomico.

7. — I risultati dell'astrofisica pubblicati specialmente nella seconda metà del secolo passato costituiscono già una biblioteca rispettabile. Nelle pagine seguenti cercheremo di esporli sistematicamente insieme ai metodi che hanno condotto ad essi. Per procedere con ordine e chiarezza dividiamo tutto il libro in **sei parti**: la prima tratta degli strumenti e metodi particolari, adoperati in questo ramo dell'astronomia; la seconda considererà la costituzione dei corpi più importanti o più accessibili del nostro sistema planetario, cioè della Terra, della Luna e del Sole; la terza tratterà del resto del nostro sistema solare; nella quarta passeremo in rivista la cosidetta Fisica stellare; nella quinta studieremo i fenomeni eccezionali delle comete e meteore; per finire poi in una sesta ed ultima parte coll'esposizione dei vari sistemi cosmogonici.

sferica sopra scala minore, s'imprimono ulteriori indicazioni, per esempio del psicometro, ossia dell'andamento dell'umidità, registrando ogni quarto d'ora la differenza delle indicazioni di due termometri, secco e bagnato. L'orologio a ciò, per mezzo del roteggio della suoneria mette in moto un carrettino che porta un vero telegrafo di Morse, cioè un elettromagnete con una leva munita alla sua estremità di un lapis scrivente. Due fili di platino di lunghezza identica scendono simultaneamente nell'interno dei termometri, chiudendo ed aprendo rispettivamente il circuito elettrico, che preme il lapis del carrettino in moto contro la tavola, imprimendo sulla carta di essa una linea orizzontale di varia lunghezza, secondo la differenza variabile dei due termometri.

(1) Altri si trovano citati nel decorso dell'opera.

Digitized by Google

CAPITOLO II.

LA FOTOGRAFIA CELESTE

ART. I. — INVENZIONE E PERFEZIONAMENTO DEL PROCESSO FOTOGRAFICO.

8. — Se sopra un foglio di carta, imbevuto di una sostanza molto sensibile all'azione chimica della luce, rinchiuso in una camera oscura, viene proiettata per mezzo di una lente convergente l'imagine luminosa di un oggetto qualunque; i raggi luminosi scompongono, in proporzione della loro intensità, la sostanza sensibile (per es. il bromuro d'argento). Compiendo poscia mediante qualche agente rivelatore (per es. una soluzione diluita di solfato ferroso od acido pirogallico) l'azione chimica, incoata dalla luce, si sviluppa l'imagine fin allora invisibile. Le parti più luminose dell'oggetto appariscono più annerite sulla carta, mentre quelle più oscure dell'oggetto riescono più chiare. Insomma la luce stessa, emanata ovvero riflessa dall'oggetto luminoso, ha dipinto sulla carta sensibile una **imagine negativa** del medesimo. Per renderla permanente ed insensibile ad ogni ulteriore azione della luce, si tratta lo strato sensibile con nuovo processo chimico (per es. con una soluzione d'iposolfito di sodio), il quale scioglie la sostanza sensibile ancora indecomposta. L'imagine viene fissata, e potrà servire dipoi alla riproduzione di altre imagini positive. (1)

9. — L'invenzione del generale procedimento fotografico rimonta fin all'anno 1839, quando il Daguerre, dopo molti vani tentativi, riuscì finalmente a fissare l'imagine sopra lastre metalliche, previamente sensibilizzate per mezzo di uno strato di ioduro d'argento. Le prime **Daguerrotipie** erano però an-

(1) Tutto il processo preparativo dello strato sensibile, e dello sviluppo e della fissazione delle imagini, deve naturalmente farsi al buio od almeno con esclusione di qualunque luce chimicamente efficace. Praticamente si sogliono fare queste operazioni in uno stanzino debolmente illuminato attraverso a vetri rossi o gialli. Del resto per la parte pratica del processo fotografico dobbiamo rimettere il lettore agli autori che trattano più ampiamente di questa cosa.

Digitized by Google

cora abbastanza imperfette; l'azione lenta della luce sul ioduro d'argento richiedeva un'esposizione di circa $\frac{1}{4}$ d'ora, ed era naturalmente difficile di mantenere un oggetto vivo o mobile per tempo così lungo esattamente nella stessa posizione.

L'inglese Fox Talbot, occupato cogli stessi studi, adoperò, invece della lastra metallica, un semplice foglio di carta, imbevuta di ioduro d'argento, sviluppando l'imagine negativa coll'acido gallico e fissandola prima col ioduro di potassio e poi coll'iposolfito di sodio; egli trovò inoltre il modo di riprodurre per mezzo della prova negativa un numero qualunque di imagini positive.

Claudet poco dopo (1841) scoprì vari mezzi per aumentare la sensibilità del iodio con varie altre sostanze acceleratrici (cloruro o bromuro di sodio, vapori di bromo, acido cloroso ecc.). Fino a quel tempo (1840) risalgono i primi tentativi, fatti prima dal Draper, poscia (1843) dal P. De Vico, predecessore del P. Secchi al Collegio Romano, di adoperare il cosidetto dagherrotipo per la fotografia dei corpi celesti.

10. — Il processo fotografico diventò molto più comodo e vantaggioso colla sostituzione di una semplice lastra di vetro alla primitiva metallica. Il vetro venne coperto con un sottile stratarello di **collodion**, contenente in soluzione un poco di ioduro di potassio. Il collodion si componeva sciogliendo un grammo di pirossilo in 90 di etere e 60 d'alcool a 33°. Cominciando lo strato di collodion a solidificarsi per l'evaporazione dell'etere e dell'alcool, s'immergeva la lastra in un bagno formato con 4 parti di nitrato d'argento sciolto in 60 d'acqua distillata, trasformando così il ioduro di potassio in ioduro d'argento.[1]

Esponendo la lastra così preparata nella camera oscura all'oggetto da ritrarsi, si ottiene in brevissimo tempo la cosidetta prova negativa. Per farla apparire, si versa sulla lastra una soluzione di acido gallico o pirogallico, ovvero di protosolfato di ferro; poi si lava e si fissa l'imagine, tuffandola in un bagno d'iposolfito di sodio.

(1) Al collodion si sostituiva anche l'albumina, quando si richiedeva un'azione più lenta della luce, coll'ulteriore vantaggio, che le lastre così preparate potevano conservarsi per più giorni prima di usarle.

Digitized by Google

Dal disegno negativo così ottenuto in grazia della trasparenza della lastra si può facilmente ritrarre un numero qualunque di copie positive, bastando a ciò di applicare al disegno negativo una carta preparata col cloruro d'argento ed esporla all'azione della luce. Le parti annerite della negagativa impediscono il passaggio della luce e quindi le parti coperte rimarranno intatte sulla carta: si ottiene un'imagine positiva sulla carta, la quale poi si fissa, lavandola nella soluzione d'iposolfito e poi nell'acqua.

Art. II. — Le prime applicazioni all'Astronomia; Telescopi fotografici.

11. — Coi processi così perfezionati l'applicazione della fotografia all'astronomia era ben avviata. L'astronomo Warren de la Rue riuscì (verso l'anno 1857) di ottenere **fotografie lunari** di una finezza straordinaria. Le piccole imagini di 2 o 3 cm. di diametro soltanto, prodotte nel foco del telescopio sulla lastra fotografica, erano di una tale nitidezza e precisione, che permisero una riproduzione ingrandita fino ad un metro di diametro. Il Padre Secchi studiava frattanto il modo di precisare la differenza tra il foco ottico e chimico del telescopio, e come frutto delle sue ricerche prese per la prima volta le memorabili fotografie della corona solare in occasione dell'**eclisse totale del Sole** nel 1860. L'astronomo americano Rutherfurd (Harward College) trovò poi una nuova disposizione delle lenti, colla quale l'**acromatismo chimico** (simile all'ottico. I, num. 175) era talmente realizzato, che anche le stelle più deboli fino alla IX grandezza, imprimevano le loro imagini sulla lastra sensibile.

12. — I raggi, che producono l'anzidetta azione chimica, sono i più rifrangibili, cioè i raggi azzurri, violetti ed ultravioletti. Conseguentemente il foco ottico di un telescopio acromatico ordinario non coincide col foco chimico; anzi quest'ultimo richiederà un acromatismo del tutto speciale e caratteristico, a produrre sulla lastra sensibile un'imagine ben netta e distinta.(1)

(1) Il foco ottico coincide, generalmente parlando, il meglio possibile col foco chimico, se le lenti sono combinate in modo tale, che si sovrappongono i fochi corrispondenti alle linee D e H dello spettro.

Digitized by Google

Sembrò quindi necessario di costruire appositamente **telescopi fotografici** e ciò in dimensioni assai grandi, come quelli che servirono fin allora all'osservazione diretta; e siccome i telescopi diottrici ordinari apparivano poco adattati alla fotografia celeste, così questi altri non potevano essere adoperati per osservazioni dirette. Tutto ciò involveva spese raddoppiate agli osservatori desiderosi di dedicarsi a questo nuovo genere di studio astronomico.

Si trovarono, è vero, vari modi di accomodare il telescopio ordinario coll'inserzione di vetri assorbenti o meglio di lenti speciali anche ad usi fotografici, ma le fotografie, fatte con tali apparati, rimangono sempre difettose in confronto con quelle eseguite con telescopi fotografici.[1]

13. — Le accennate difficoltà rivolsero l'attenzione degli astronomi sopra i **telescopi catottrici** (I, num. 176 sgg.), nei quali i vari raggi luminosi (benchè di diversa lunghezza d'onda) si riuniscono nello stesso foco, purchè gli specchi siano immuni di aberrazione sferica. Quanto però è più grande lo strumento, tanto è più difficile di ottenere una tale immunità. Di più gli specchi di questi strumenti sono molto più facilmente danneggiati dai vari influssi dell'umidità, dalla variazione di temperatura; rinnovando spesse volte l'argentatura dei medesimi, la stessa levigatura ne viene facilmente alterata. La perdita di luce è incomparabilmente maggiore che non nei telescopi diottrici; insomma tutto considerato il **telescopio rifrattore** anche per gli usi fotografici ha mantenuto la sua superiorità sul riflettore.

14. — Rimosse le difficoltà strumentali ed introdotto (1876) il **nuovo procedimento fotografico** delle lastre secche alla gelatina e bromuro d'argento, assai più sensibili di quelle al collodion (umido o secco), l'applicazione della fotografia allo studio dei corpi celesti era talmente facilitata, che si cominciò seriamente a pensare ad una trasforma-

(1) Il grande rifrattore dell'osservatorio Lick (California), che ha un obiettivo di 91 cm. ed una distanza focale di metri 17,22, può trasformarsi in un cannocchiale fotografico mediante una lente obiettiva aggiunta, di un diametro di 83 cm. Il foco chimico si forma allora alla distanza focale di metri 14,83, ed a quella distanza si inserisce l'apparato fotografico.

Digitized by Google

zione totale degli stessi osservatorii astronomici. L'invenzione di nuove formole di emulsioni rapide e rapidissime per prove istantanee, di nuovi processi di provocatori energici, si succedettero a brevi intervalli di tempo; gli apparati accessorii, le camere oscure, gli otturatori, le varie specie di carte e lastre sensibili si perfezionarono sempre di più.

Sembrava oramai aperta la via per ottenere non soltanto imagini fedeli dei corpi celesti più luminosi, come sono il Sole e la Luna e le stelle più brillanti, ma degli oggetti celesti di una luce fiacca e debole, come sono le stellette più minute, dalla X alla XV grandezza, le code cometarie, le nebulose ed oggetti simili. Rispetto a questi ultimi la lastra sensibile fotografica, offre un **vantaggio** decisivo sulla stessa retina dell'occhio. Questa ritiene l'effetto luminoso soltanto per $\frac{1}{10}$ di secondo, senza accumularlo con altri effetti successivi, la lastra sensibile invece col prolungarsi della posa aumenta l'impressione ricevuta. Si capisce quindi la possibilità di produrre nella camera fotografica, mediante un'esposizione abbastanza prolungata, impressioni di **oggetti invisibili** ad occhio nudo. E difatti appena fu installato all'osservatorio di Parigi (1885) il nuovo cannocchiale fotografico, che i fratelli Henry scoprirono nella nota costellazione delle Pleiadi, presso la stella Maia, una nebulosa mai osservata nei telescopi diottrici i più grandi.(1)

15. — La durata della posa, necessaria per avere un'imagine netta dell'oggetto, dipende naturalmente dalla luminosità di questo.(2) Per la riproduzione fotografica di una stella di prima grandezza basta meno di un centesimo di secondo ($0^s,005$); per una stella di IV grandezza un decimo di secondo è ancora sufficiente; per le stelle più piccole visibili ad occhio nudo ci vuole un secondo intero. Per ottenere imagini di stellette fino alla XI grandezza, ci vuol però già quasi un minuto intero. La XII grandezza richiede una posa di 2 minuti; la XIII di 5^m, la XIV di 13^m, la XV più di un'ora intera e così via discorrendo: quanto l'oggetto da fotografarsi è meno luminoso, tanto deve essere più prolungata l'esposizione della

(1) Saputane l'esistenza si riuscì ad osservarla anche direttamente coi rifrattori più grandi di un' apertura di 80 e più centimetri.

(2) L'astronomo Janssen di Parigi ottenne fotografie del Sole di una squisita perfezione con un'esposizione di $^1/_{3000}$ fino $^1/_{5000}$ di secondo.

Digitized by Google

lastra sensibile. Questa necessità di posa prolungata porta seco un'altra, cioè di un secondo cannocchiale, connesso rigidamente col primo, per mezzo del quale l'osservatore mantiene l'oggetto nella stessa posizione sulla lastra sensibile. Quantunque il cannocchiale fotografico sia montato parallatticamente ed il suo

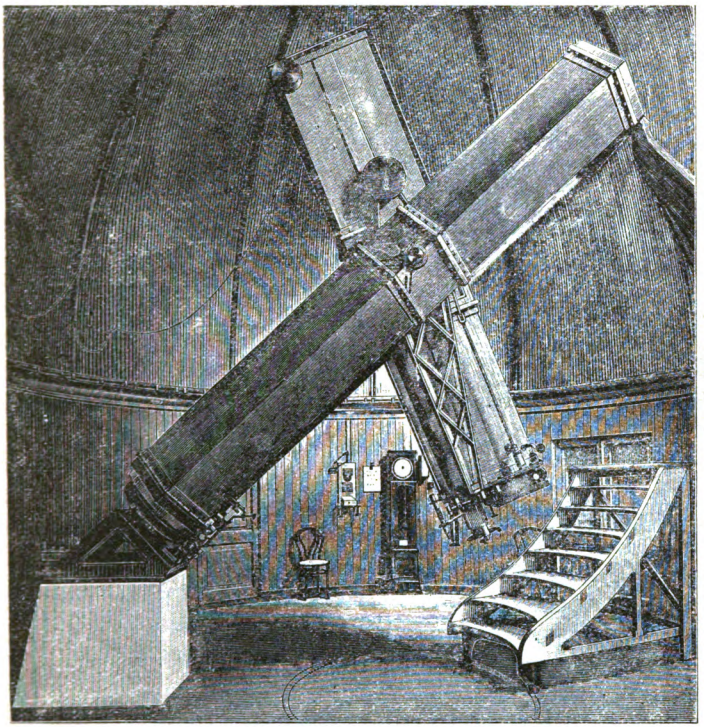


Fig. 3. Equatoriale fotografico della Specola Vaticana.

movimento di orologieria perfetto (I, num. 206), nondimeno sarà praticamente impossibile di ritenere l'asse ottico del medesimo per un tempo così lungo rigorosamente sullo stesso punto del cielo. Le piccole irregolarità dovranno quindi essere corrette dalla mano dell'osservatore per mezzo dei soliti movimenti piccoli (sia in ascensione retta, sia in declinazione). A fare ciò colla dovuta precisione non basta un piccolo cercatore ordinario col suo crocicchio, ma ci vuole un **cannocchiale**

Digitized by Google

collimatore pressochè della stessa dimensione del cannocchiale fotografico.

16. — La figura 3 rappresenta il **telescopio fotografico** della Specola Vaticana, del tutto simile e fabbricato dietro il tipo di quello di Parigi. La montatura equatoriale è quella già descritta nel primo volume, detta anche montatura *inglese* (I, num. 205, figura 126), la quale offre il vantaggio sopra l'altra *tedesca* (ivi, Fig. 127), ordinariamente adoperata negli equatoriali moderni, che seguendo l'oggetto celeste anche per lungo tempo, lo strumento non ha bisogno di essere rovesciato, ma può girare indefinitivamente intorno all'asse principale (parallelo all'asse del mondo). (1)

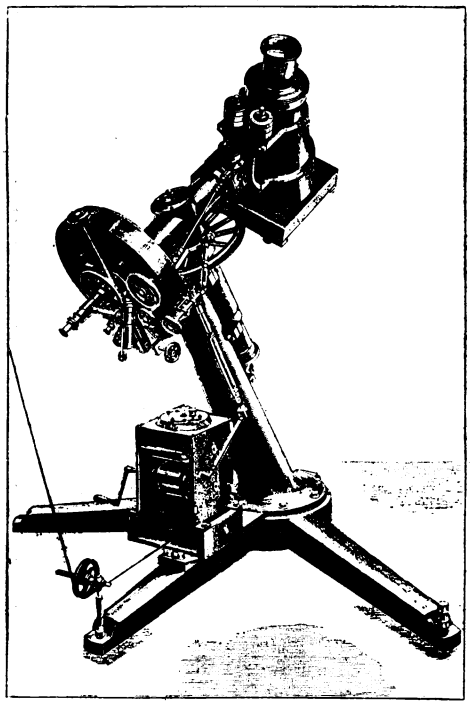


Fig. 4. Camera equatoriale dell'Osservatorio di Mosca.

(1) Anche il telescopio *a gomito* (I, n. 208) è esente da questo difetto. Altrove (in Potsdam) invece, ritenendo la montatura sopra un pilone solo centrale hanno dato a questo una forma piegata a foggia di gomito, cosicchè la parte superiore sta parallela all'asse del mondo.

Per certe osservazioni può essere di vantaggio di adoperare strumenti con lenti di moderata apertura e piccola distanza focale, i telescopi dei quali si rassomigliano piuttosto alle ordinarie camere fotografiche. La leggerezza di questi apparecchi permette di collocare il loro piedestallo addirittura parallelo all'asse del mondo come vedesi nella figura 4, la quale rappresenta una tale *camera equatoriale* ideata dal signor Ceraski, direttore dell'osservatorio di Mosca. Il cannocchiale compagno per l'osservazione diretta, trovasi nell'asse di declinazione.

Digitized by Google

I cannocchiali gemelli, per maggiore rigidità di connessione, trovansi rinchiusi in un grande cassettone metallico, dal quale si vedono nella parte inferiore sporgere fuori soltanto la camera fotografica dell'uno e la parte oculare dell'altro, col suo piccolo cercatore; o meglio vi è un tubo solo, il quale nella parte superiore porta i due obbiettivi, nell'inferiore la camera fotografica e l'oculare. Nell'interno i raggi luminosi provenienti dall'uno e dall'altro obbiettivo sono separati da una sottile lamina. In questo modo anche flessioni diverse dei due telescopi saranno impossibili. I due telescopi ruotano insieme, mediante l'asse centrale di declinazione, in una robustissima armatura, formata da due grosse lastre di acciaio, di sezione triangolare, le quali, unite alle loro estremità, ivi terminano in due perni, formanti l'asse orario. Il cannocchiale fotografico ha 33 cm. di apertura e 3,43 metri di distanza focale, il cannocchiale collimatore 20 cm. di apertura e 3,60 metri di distanza focale. Il resto (dopo le cose spiegate nel I volume l. cit.) è chiaro da una semplice ispezione della figura.

Art. III. — Carta fotografica di tutto il cielo stellato.

17. — Il tipo descritto fu scelto per la grande impresa d'una fotografia generale di tutto il cielo, dopo i due congressi astronomici internazionali che si tennero in Parigi negli anni 1877 e 1889. Un terzo congresso ebbe luogo nel 1891. Codesti congressi, riconoscendo l'importanza delle applicazioni della fotografia all'astronomia, risolvettero di intraprendere nel modo più completo possibile una **riproduzione fotografica di tutto il cielo stellato**. Diciotto osservatorii di diversi paesi, situati nei due emisferi ed in latitudini geografiche diverse, presero impegno di concorrere alla grande impresa; tra questi tutta la superficie della sfera celeste venne divisa in altrettante zone.[1] La carta celeste da farsi in questo modo risulterà di

(1) Gli Osservatori che da principio promisero il loro concorso, erano i seguenti (secondo le zone da eseguirsi): Greenwich (90° a 65°), Specola Vaticana di Roma (64° a 55°), Catania (54° a 47°), Helsingsfors (46° a 40°), Potsdam (39° a 32°), Oxford (31° a 25°), Parigi (24° a 18°), Bordeaux (17° a 11°), Tolosa (10° a 5°), Algeri (4° a —2°), S. Fernando

Digitized by Google

2000 fogli; essa determinerà fedelmente le posizioni e la grandezza di tutte le stelle del cielo fino alla XIV grandezza, il numero delle quali giungerà a 25 milioni incirca! Per escludere i dubbi possibili sull'identità di qualche stelletta, è stato deciso di fare una serie doppia di negative; cosicchè ognuno dei 18 osservatorii in media dovrà eseguire 1225 fotografie, ciascuna con una posa di 40 minuti (nelle condizioni ordinarie dell'atmosfera).

18. — Una difficoltà inerente al metodo fotografico è quella che la posa prolungata, necessaria per rendere visibili sulla lastra le stellette di XIV grandezza, produce una posa eccessiva delle stelle più luminose, le quali perciò appariscono non più come punti netti e ben determinati, ma come macchie più o meno arrotondate, il centro delle quali non può determinarsi colla dovuta precisione, donde la stessa posizione esatta della stella resterebbe dubbia. Siccome però lo scopo principale del predetto lavoro internazionale si è di precisare scrupolosamente le posizioni delle stelle sulla sfera celeste, si risolvette di fare un'altra serie di fotografie, con posa più breve che ritrae soltanto le stelle fino alla XI grandezza. La misura di queste stelle fondamentali fornirà il materiale pel nuovo grandioso **Catalogo**. A questo scopo ci vogliono per ciascuna delle 18 stazioni altre 1200 fotografie. Per distinguere poi più facilmente una macchia accidentale della lastra dalle stelle, si fanno tre pose di diversa durata (5^m, $2^m\ 30^s$, 20^s) con un piccolo spostamento della camera. Con ciò si ottengono imagini triplicate delle singole stelle.(1)

Vediamo da tutto ciò l'importanza che la fotografia celeste in tempo brevissimo ha guadagnato non solamente per gli studi astrofisici, ma per la stessa Astrometria. Lavori che prima richiedevano secoli interi di osservazioni penose e difficilmente controllabili, si possono eseguire in breve tempo e

(—3° a —9°), Tabucaya (—10° a —16°), Santiago (—17° a —23°), La Plata (—24° a —31°), Rio Janeiro (—32° a —40°), Capo di Buona Speranza (—41° a —51°), Sydney (—52° a —64°), Melbourne (—65° a —90°). Alcuni però di questi " per ostacoli insuperabili " vennero meno all'impegno, senza che con ciò la riuscita finale della grandiosa e costosissima impresa sia compromessa.

(1) Per altri particolari si vedano gli annali degli osservatori rispettivi.

Digitized by Google

con tutto agio. Cambiamenti di posizione che finora sfuggivano all'attenzione dell'astronomo, ora si scoprono senza difficoltà, bastando a ciò il confronto di due fotografie della stessa parte del cielo, fatte in tempi diversi.

Art. IV. — Nuove scoperte fatte per mezzo della fotografia. Nuove applicazioni.

19. — Spostamenti abbastanza notevoli di oggetti celesti mediante il processo fotografico si rivelano da sè, e ciò in

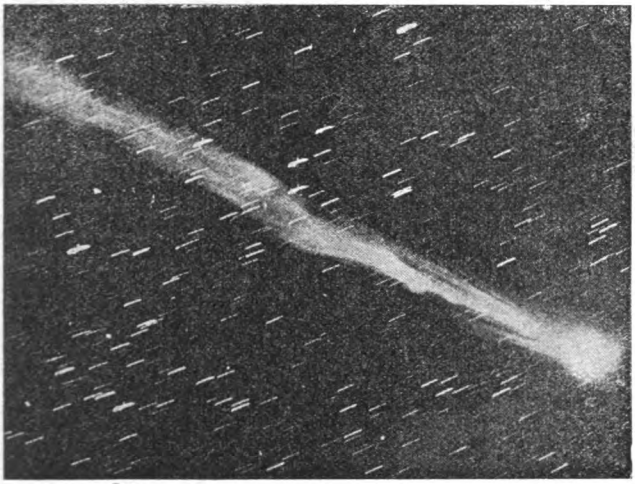


Fig. 5. Cometa (VI-1893) fotografata all'osservatorio Lick.

duplice maniera. Mantenendo l'oggetto, pèr es. una cometa (Fig. 5), per lo spazio di un'ora (o più) sullo stesso posto della lastra sensibile, le stelle che la circondano si sposteranno in direzione contraria, imprimendo sulla medesima altrettante lineette parallele, che colla loro direzione e lunghezza indicano precisamente il moto proprio dell'oggetto spostato. Se invece si fa seguire la lastra esattamente il moto apparente diurno della sfera celeste, queste s'imprimeranno come puntini; mentre un punto luminoso dotato di moto proprio, per es. un aste-

Digitized by Google

roide (Fig. 6) apparirà come una lineetta. Così si spiega, che coll'introduzione del metodo fotografico le **scoperte dei pianetini** diventarono frequentissime (I, num. 594).

È vero, che nel secondo caso la lineetta riesce talvolta così piccola, che soltanto un occhio armato di microscopio riesce a scoprirla tra la moltitudine delle altre stelle.[1]

20. — Per facilitare simili scoperte, l'astronomo Wolf di Heidelberg, celebre cacciatore di codesti pianeti, ha imaginato un **metodo** ingegnoso, chiamato **stereoscopico.**[2] Warren de la Rue fin dal 1858 e 59 aveva eseguito delle fotografie lunari, le quali a due a due davano la stessa fase lunare, ma con un piccolo spostamento laterale della Luna (conseguenza della librazione). Guardando due di tali fotografie in uno stereoscopio si ha l'impressione di vedere la Luna, non più come un disco, ma come un globo rilevato.

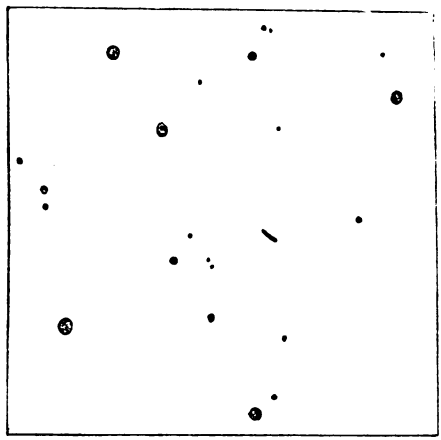


Fig. 6. Il pianetino Swea (329).

Le stelle di due fotografie della stessa parte del cielo, prese

(1) Il Wolf adopera nelle sue ricerche un cannocchiale di 146 mm. d'apertura, ma di piccola distanza focale (73 cm.). La figura 5 mostra una negativa dieci volte ingrandita, nella quale le stelle più grosse sono di IX grandezza soltanto. Queste e le altre stellette fisse appariscono come piccoli dischi, mentre l'asteroide si tradisce per la forma oblunga. Asteroidi, sperduti di vista da parecchi anni (per es. Medusa dal 1875 al 1891), sono stati ritrovati in questa maniera. Lo stesso Wolf confessa di non avere veduto direttamente nessuno dei molti pianetini così scoperti.

(2) Il prof. Pulfrich, di Jena, avea già prima, ad usi più generali, costruito un apparato, da lui chiamato Stereocomparator, il quale consiste in due microscopi posti ad angolo, di modo che una stessa parte più o meno estesa di due imagini possa essere esaminata nel modo descritto nel testo. Il merito del Wolf sta in ciò, di avere riconosciuto l'importanza dell'apparato per la fotografia celeste.

Digitized by Google

in tempi diversi, collo stesso apparato, si copriranno perfettamente se le stelle hanno conservato lo stesso posto. Se però un punto luminoso occupa posizioni diverse nelle due imagini, e queste vengono esaminate per mezzo dello stereoscopio, il punto mosso sembra staccarsi dal fondo delle altre stelle, annunziando così da sè la sua presenza. Sarà relativamente facile di scoprire in simile maniera la parallasse (I, num. 433) come anche i **moti proprii** delle stelle fisse.

21. — Anzi la stessa **variabilità delle stelle** suole manifestarsi collo stesso metodo. Esaminando due lastre fotografiche nel modo accennato, talvolta accade che gli occhi, circa una certa stella ricevano un'impressione ingrata, come se la stella scintillasse. Chiudendo prima l'uno poi l'altro occhio, si vedrà che la stella o manca del tutto sopra una delle lastre, o almeno una delle imagini è più debole dell'altra. La differenza può essere un semplice difetto dello strato sensibile; essa potrebbe anche provenire da offuscazione locale dell'atmosfera, ma ad ogni modo l'attenzione dell'osservatore è diretta verso la stella in questione, la quale poi potrà essere esaminata con nuove prove od altri metodi.

22. — **Le misure di precisione**, la determinazione del tempo, della posizione geografica ed altre simili ricevono un potente aiuto dalla fotografia celeste. Per la riproduzione fotografica di una stella di IV grandezza basta un' esposizione di un decimo di secondo. Mettendo quindi l' otturatore della camera oscura del telescopio in comunicazione con un pendolo astronomico, sarà facile di registrare automaticamente sulla lastra sensibile i singoli secondi del passaggio d'una stella: si avrà un perfetto fotocronografo, quale fin dal 1894 fu già adoperato all'osservatorio di Georgetown (Washington, America) dal prof. Fargis S. I. (I, num. 130). In questo strumento gli errori personali dell'osservazione diretta sono del tutto eliminati, ed il momento del tempo può essere determinato con una precisione che supera il centesimo di secondo!

Per registrare in modo somigliante il passaggio del Sole, un'esposizione incomparabilmente minore basterebbe ($0^s,001$). I fili micrometrici saranno allora registrati allo stesso tempo come linee nere sopra il fondo bianco dell'imagine so-

Digitized by Google

lare; nel caso delle stelle si suole fare questa registrazione dei fili separatamente con breve illuminazione artificiale del campo. (1)

Art. V. — Fotografie del Sole, della Luna e dei pianeti, delle comete e meteore.

23. — L'inserzione della lastra sensibile può farsi in due maniere o nel piano focale senza lente oculare, ovvero dietro un sistema di tali lenti, le quali servono ad ingrandire direttamente l'imagine focale. Quest' ultimo modo può adoperarsi nelle **fotografie solari;** nelle altre, non eccettuate quelle della Luna, il primo metodo è da preferirsi a cagione della luce più debole. La figura 8 rappresenta l'apparato adoperato dal P. Secchi: Presso O vediamo la estremità oculare del telescopio, al quale è adattata la camera R. In O trovasi un oculare ordinario (positivo), tra questo e la camera vediamo intercalato un apparecchio, che

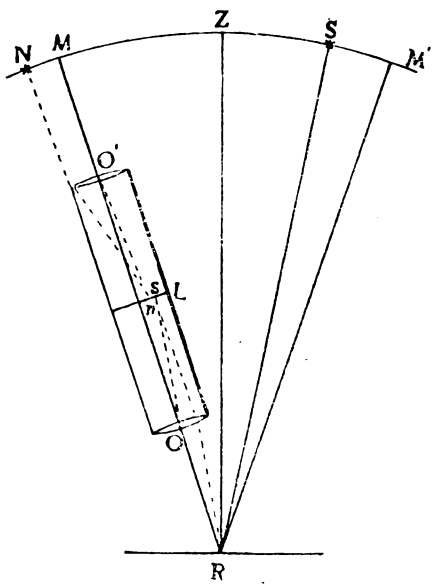


Fig. 7.

(1) Per la determinazione fotografica della latitudine geografica il P. Alguè S. J. (allora assistente all'osservatorio di Georgetown, ora direttore dell'osservatorio di Manila) inventò un telescopio zenitale con due obbiettivi, O ed O' (Fig. 7) nel piano focale comune dei quali si trova la lastra sensibile L. Supposto lo strumento nel piano del meridiano M R M', due stelle S N, con distanza zenitale pressochè uguale imprimono la loro imagine su L, una N direttamente in *n*, l'altra S in *s* dopo la riflessione sullo specchio di Mercurio R sottoposto. (Cf. The reflecting Zenith Telescope. Georgetown College Observatory. Washington D. C. 1893).

Digitized by Google

serve da **otturatore**, mediante il quale si ottiene l'esposizione istantanea della lastra.[1] P è una piastra metallica che scorre verticalmente, munita di una fessura, D è un'altra piastra che scorre orizzontalmente, nella quale sono due fori, uno del tutto libero, l'altro munito di fili micrometrici che s'incrociano ad angolo retto. La piastra P ritenuta dal filo C, chiude la comunicazione dei raggi luminosi colla camera; tagliando o bruciando questo filo, P attratta dalla molla V fa passare momentaneamente la fessura davanti ad uno dei fori di D, lasciando così un passaggio istantaneo ai raggi solari, per imprimere l'imagine fotografica sulla lastra sensibile, che trovasi al suo posto all'estremità della camera oscura.

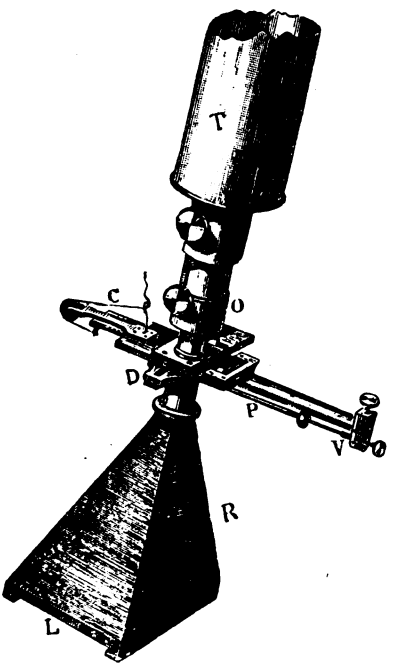


Fig. 8. Camera per fotografie solari.

Telescopi fotografici che servono alla registrazione giornaliera dell'imagine solare, si chiamano **fotoeliografi**. Il Governo britannico mantiene tali strumenti negli osservatorii di Greenwich, Maurizio (Africa) e Dehra Dun (Indie orientali). A cagione dei climi diversissimi accade rare volte, che in tutte e tre questi luoghi il Sole rimanga invisibile in un giorno qualunque; si ottiene

(1) Un'esposizione troppo prolungata renderebbe l'imagine solare (gli orli delle macchie, ecc.) meno ben definita; anche il diametro apparente del disco solare cresce colla durata della posa. Per evitare falsi riflessi nell'interno della camera oscura, questa deve essere ben annerita o meglio rivestita di velluto nero; affinchè poi la seconda superficie della stessa lastra fotografica non cagioni simili riflessi, conviene rivolgere la parte ricoperta dello strato sensibile non già verso l'obiettivo, ma verso il fondo della camera.

Digitized by Google

quindi una bella collezione di ritratti solari per tutti i giorni dell'anno. Delle varie fotografie solari tratteremo più sotto.

24. — Meno soddisfacenti sono le **fotografie dei pianeti**, le quali in quanto ai particolari della superficie planetaria lasciano molto da desiderare. La luce è troppo debole per ammettere un ingrandimento notevole e le imagini focali sono troppo piccole, anche negli strumenti più grandi, per dare quei particolari. Ci vorrebbe quindi un'esposizione prolungata, durante la quale il pianeta oscillando continuamente a cagione dell'agitazione atmosferica produce imagini assai confuse, che non possono in nessuna maniera confrontarsi coi bei disegni eseguiti da valenti astronomi dietro l'osservazione diretta. La possibilità di ottenere per mezzo della fotografia, per es., un disegno dei cosidetti canali di Marte, ovvero delle macchie osservate sul pianeta Venere, ecc., è semplicemente esclusa.

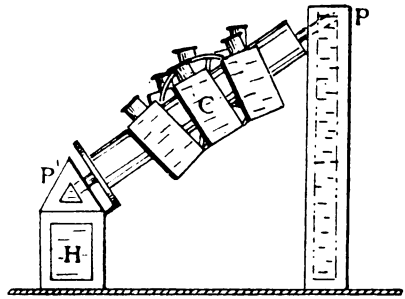


Fig. 9. Equatoriale fotografico per le stelle cadenti.

Queste difficoltà si fanno sentire anche nella riproduzione fotografica della stessa Luna. Il contrasto tra luce ed ombra in questo caso è tale, che le singole parti richiederebbero un'esposizione di durata diversissima. Ciononostante la **fotoselenografia** ha conferito molto a precisare le nostre cognizioni sulla topografia lunare, come spiegheremo più diffusamente a suo luogo.

25. — Riservando la fotografia dello spettro al capitolo seguente, sia qui descritto ancora un apparato, che serve alla **fotografia delle stelle cadenti** (I, num. 601). Questi oggetti fugaci, dotati di una grande velocità di moto, non permettono una posa prolungata. Quando però sono abbastanza luminosi, lasciano anch'essi un'imagine della loro traiettoria sulla lastra sensibile. Osservazioni tali, fatte simultaneamente in due stazioni diverse, servono mirabilmente a determinare con grande

Digitized by Google

precisione non solamente l'altezza del fenomeno, ma anche la stessa traiettoria nell'atmosfera terrestre.

La figura 9 rappresenta un apparato, montato parallatticamente (I, num. 203) inventato dal signor Elkin, destinato a registrare le stelle cadenti sopra una parte abbastanza estesa del cielo. L'asse principale P P', lungo circa 4 metri (parallelo all'asse del mondo), girevole a mano, ovvero mediante l'orologio H, porta in mezzo un secondo asse di declinazione con cerchio graduato C, sul quale si trovano disposte ad angoli diversi un certo numero (6) di camere fotografiche, gli obbiettivi dei quali, molto luminosi, abbracciano ciascuno un campo abbastanza grande, cosicchè tutte insieme sorvegliano una parte considerevole del cielo, intorno al cosidetto Radiante (I, numero 606), registrando automaticamente le meteore più luminose insieme colle stelle.

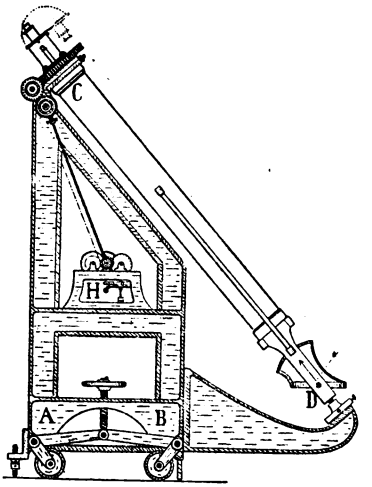


Fig. 10. Elioscopio di Grubb.

26. — L'apparato testè descritto potrebbe facilmente combinarsi con un altro, costruito dal Grubb (Dublino) per le osservazioni solari e perciò chiamato **Elioscopio** (Fig. 10), che ricorda il già descritto telescopio a gomito (I, num. 208); l'asse principale C D, parallelo all'asse del mondo, è un telescopio. Davanti all'obbiettivo presso D vi ha uno specchio piano, mobile intorno all' asse di declinazione, mediante il quale l'imagine dell'astro da osservarsi viene riflessa nella direzione della freccia verso l'obbiettivo del telescopio. Montato sopra un sostegno mobile A B, e rinchiuso, eccettuato lo specchio, in una camera oscura, potrebbe servire per le osservazioni solari; di notte, esposto all'aperto, potrebbe servire per l'osservazione sia delle stelle sia delle meteore. Combinando l'apparecchio con quello descritto (Fig. 9), sarebbe facile di man-

Digitized by Google

tenere il telescopio più rigorosamente sul medesimo punto del cielo, coll'osservazione diretta di un oggetto luminoso qualunque.

L'apparato del Grubb, essendo destinato per le sole osservazioni solari, permette uno spostamento in declinazione di circa 30° soltanto, cosicchè le regioni polari non possono introdursi nel cannocchiale. Se uno volesse uno strumento adattato anche all'osservazione diretta di queste regioni, allora ci vorrebbe una piccola modificazione simile a quella già descritta (l. cit).

Art. VI. — Strumenti ausiliari.

27. — Per molte osservazioni può essere comodo di mantenere il raggio visuale di un oggetto celeste nel modo anzidetto nella medesima direzione; a ciò serve il noto **Portaluce** (Fig. 11), il quale consiste in uno specchio piano M M′, sporgente fuori le imposte di una camera oscura e sorretto da due spranghe *t* e *t′* in modo tale, che dall'interno della camera si possono dare due movimenti al medesimo, uno intorno ad un asse orizzontale (indicato dalla freccia orizzontale), l'altro intorno ad un secondo asse *oo′* perpendicolare al primo. L'apparato per mezzo della placca metallica P P′ forata nel centro, viene fissato sullo sportello della camera oscura, anch'esso forato presso V. Il moto rotatorio dello specchio intorno all'asse orizzontale si ottiene per mezzo della vite A, la quale girando una piccola ruota dentata (separatamente delineata in *a b*) fa girare il sostegno (*c*) delle due braccia *t* e *t′*. L'altro movimento viene eseguito per mezzo della vite V*v*. Maneggiando dunque le due viti A e V si può mantenere il raggio del Sole o di un astro qualunque in tale direzione relativamente allo specchio, che il raggio riflesso rimanga costantemente nella medesima direzione.

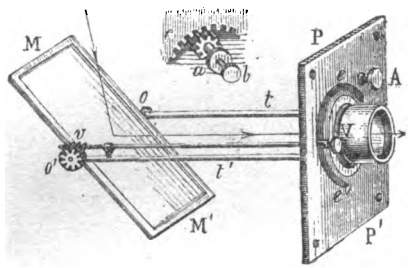


Fig. 11. Eliostato ordinario.

Digitized by Google

28. — Questi movimenti doppi da eseguirsi simultaneamente a mano, come negli strumenti altazimutali (I, num. 200), sono assai incomodi per usi astronomici. Sono perciò stati costruiti simili riflessori, chiamati **Eliostati** o **Siderostati** (στάω=*arresto*), nei quali i detti movimenti vengono eseguiti da un apparato di orologeria. Gli apparecchi però, destinati a mantenere il raggio riflesso in una direzione costante orizzontale, a cagione del moto molteplice da farsi simultaneamente intorno ad assi diversi, sono abbastanza complicati, [1] e siccome la descrizione di essi ci allontanerebbe troppo dal nostro proposito, basti qui l'abbozzo (Fig. 12) d'un Eliostata più semplice, nel quale il raggio X O dell'astro, viene riflesso nella direzione O P, parallela all'asse del mondo A B. Lo specchio S S', girevole intorno a quest'asse, mediante l'orologio H, mantiene la linea O X nella direzione dell'astro, quindi il raggio riflesso O P rimane invariato. Sarà poi facile di dare a questo una direzione qualunque per mezzo d'un altro specchio fisso. Lo specchio S S' è spostabile intorno ad un secondo asse di declinazione, e gli angoli di questo spostamento leggonsi sul cerchio graduato O. Avvertiamo soltanto, che l'angolo che fa la normale (O N ⊥ S S') coll'asse O P, è uguale alla metà della distanza polare dell'astro, essendo evidentemente

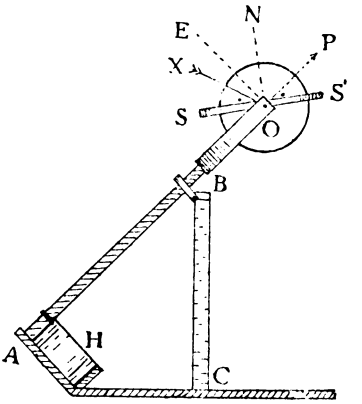


Fig. 12. Siderostato.

$$\measuredangle XON = \measuredangle NOP = \tfrac{1}{2} XOP .$$

(1) La descrizione dell'eliostata di P. Prandi trovasi: SANTINI, *Strumenti ottici*. I, 242. Padova, 1828. Simili apparecchi, costruiti dai Silbermann, Joonston, Fuess, Eichen, ecc., vedonsi descritti dal signor KONKOLI, *Astron. Beobachtungen*. Braunschweig, 1883. Gli specchi metallici sono naturalmente da preferirsi.

Digitized by Google

Art. VII. — Riproduzione ed ingrandimento delle fotografie celesti. Utilità dei disegni.

29. — I soli fototipi negativi originali potranno servire per le misure di precisione, perchè ogni copia, in qualunque modo venga fatta, porta seco nuove incertezze. Prima di tutto bisogna sapere distinguere una macchietta, cagionata d'altronde nello strato sensibile, da un oggetto celeste, una stella, ecc. Perciò l' Henry propose da principio per la carta celeste di fare tre pose successive, con piccolissimi spostamenti della camera, cosicchè ciascuna stella fosse rappresentata da tre punti luminosi contigui, ossia da un piccolo dischetto triangolare facilmente distinguibile da una macchia accidentale della lastra. In altri casi sarà necessario prendere più negative, una dopo l'altra.

L'esatta riproduzione di carte stellari col metodo fotografico diretto ordinario, sia per diapositivi sia per mezzo di carta albuminata, fatta in modo tale che la copia possa ugualmente bene servire alla determinazione delle coordinate, sembra finora impossibile. Le stesse negative sono col tempo soggette a distorsioni dello strato gelatinoso e simili deperimenti; l'unico rimedio contro questo è di fotografare colle stelle **il reticolo,** che serve poi di orientazione nelle riduzioni da farsi il più presto possibile, per fissare con numeri le coordinate delle singole stelle, da riferirsi poi nei cataloghi.

30. — **Ingrandimenti** delle prime imagini negative possono ottenersi per mezzo di una camera fotografica ordinaria, abbastanza profonda, la quale col suo obiettivo viene diretta verso il chiaro del cielo. Davanti al medesimo obbiettivo si mette la negativa, cosicchè i raggi luminosi attraversandola, dipingono l'imagine ingrandita sulla lastra della camera. Per questo processo è meglio di adoperare lastre poco sensibili, le quali con una esposizione abbastanza prolungata, a luce poco intensa, dànno ottimi risultati. Assolutamente parlando si può spingere l'ingrandimento in questo modo fino a 1000 e 10 000 volte; però con tale processo diventa visibile la stessa granulazione dello strato sensibile originale; i minuti particolari così ottenuti appartengono quindi a questa e non ad oggetti celesti.

Digitized by Google

Si dovrà dunque ricorrere di nuovo ai disegni, fatti a mano, nei quali si correggono quei difetti. Le stesse carte stellari si riproducono su scala maggiore o minore per mezzo di uno strumento simile al **pantografo**, inventato dal padre Scheiner (Fig. 13); con questo si fanno le incisioni sul rame che servono poi per le ulteriori copie da tirarsi col processo tipografico ordinario. (1)

31. — Il prof. Weinek di Praga ha inventato un modo di riprodurre a mano con ingrandimento considerevole le fotografie lunari dell' osservatorio di Lick (California). Queste fotografie, prese nel foco del grande equatoriale (I, num. 206)

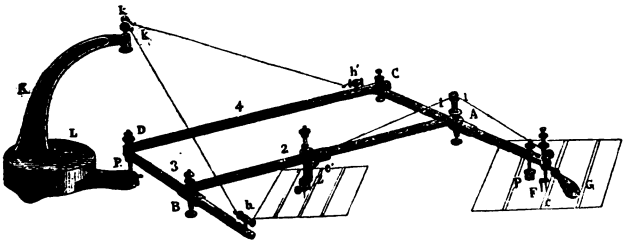


Fig. 13. Pantografo del P. Scheiner.

rappresentano la Luna con un diametro di 13 cm. Le singole regioni lunari sono perciò assai piccole, ma essendo riprodotte nello stesso foco del telescopio, permettono un ingrandimento considerevole. Ora per evitare gli inconvenienti sovraccennati, Weinek adopera una copia diapositiva, coperta di una lastra di vetro, con dei **quadretti millimetrici**. Mettendo un lume dietro l'imagine ed osservando questa col microscopio, che ingrandisce circa 20 volte, egli copia a mano sopra carta di disegno quadretto per quadretto con tutti i particolari.

(1) Consiste questo strumento in un parallelogrammo articolato A B D C, spostabile intorno ad un perno (P D). Due punti Z ed F (due stili) sui lati opposti, o sui loro prolungamenti, descriveranno figure simili, se la loro congiunzione passa per D, e si può dare ad essi una proporzione arbitraria, spostando il lato 2, parallelo a 4, ed accorciando con ciò i due lati 1 e 3. Mettendo un disegno qualunque sotto lo stilo Z, e facendo questo per mezzo del manubrio in G seguire le linee di quello, un altro stilo in F, munito di lapis, disegna sulla carta sottoposta una figura del tutto simile, ma ingrandita.

Digitized by Google

32. — Da tutto ciò si vede che nonostante il perfezionamento apportato allo studio dell'astronomia dalla fotografia, l'**arte del disegno** non è diventata una cosa superflua per l'astronomo. L'occhio dell'osservatore scorge in certi momenti felici di un'aria momentaneamente tranquilla, dei particolari in un oggetto celeste, che la fotografia non è capace di riprodurre in tempo così breve, ma che la memoria dell'osservatore ritiene e che la sua mano sa delineare fedelmente. I molti disegni fatti della superficie del Sole, della Luna e dei pianeti dal tempo del P. Scheiner fino ai nostri giorni, ci rivelano più della costituzione di questi corpi celesti, che molte descrizioni minute. Un occhio buono, uno sguardo sicuro, un disegno fedele, fatto con critica separazione dell'essenziale dall'accidentale, con un'intelligenza che domina le principali teorie ed ipotesi, vale altrettanto e forse più anche oggidì che non l'arte di fotografare i corpi celesti. Lo mostrano i bei disegni fatti da tanti bravi astronomi, dal Secchi, Vogel, Trouvelot, Schiaparelli, e tanti altri. « L'ispezione di una figura ben fatta », disse il Zöllner (certamente un' autorità in questa materia), « conferma talvolta in un momento una teoria, la quale è stata formata non senza grande fatica collo studio prolungato di descrizioni astratte. (1)

CAPITOLO III.

LA SPETTROSCOPIA CELESTE.

ART. I. — LE PRIME ANALISI DELLO SPETTRO SOLARE.

33. — Sull'andamento di un raggio solare che attraversa un **prisma di vetro**, il grande Keplero avea già fatto bei studi, che meritano di essere qui riferiti quasi letteralmente.

(1) Il detto non esclude, che i molti astronomi disegnatori talvolta vadano un po' troppo innanzi nelle particolarità ed esprimano sulla carta come certo e determinato quello che l'osservazione lascia almeno dubbioso. Più facilmente si riscontreranno tali esagerazioni nei disegni, fatti da altri artisti, dietro gli abbozzi fatti al cannocchiale da un astronomo meno esperto nell'arte del disegno. È inutile avvertire, che tali riproduzioni quantunque tecnicamente perfette, hanno per la scienza un valore molto ambiguo.

Digitized by Google

Riproduciamo la figura fatta dal medesimo (Fig. 14), rispetto alla quale egli dice così:[1] Se un raggio solare F D illumina un prisma A B C, ne nascono tre specie di raggi, uno genuino (sincerus) D I, un altro col colore del vetro M K, un terzo coi colori dell'iride E G. E ciò perchè il raggio incidente in D parzialmente si riflette nella direzione D I, essendo uguali i due angoli A D I = B D F. Il raggio così riflesso ritiene la luce genuina solare, ma indebolita; non cambia colore, perchè non entra nel vetro (colorato). La parte maggiore del raggio F D si rifrange in D verso D E. In E si fa una nuova divisione della luce: la parte maggiore esce in E nella direzione di E G, nella quale a cagione della doppia grande rifrazione, si osservano bellissimi i colori dell'iride. Una piccolissima parte della luce si riflette di nuovo sulla superficie interna A C del prisma da E verso M, dove se l'angolo di incidenza (A E D = C E M, angolo di riflessione) è abbastanza grande, uscirà un'altra volta rifratto da M verso K; e quest'ultimo raggio mostra il colore del vetro.

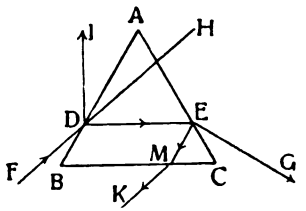


Fig. 14.

34. — Da questa esperienza risultava, che la luce, attraversando un prisma e due volte rifratta in D ed E, non soltanto cambia considerevolmente la sua direzione primitiva FD in quella di EG, ma il raggio monocromatico[2] FD compariva disperso in un fascio di **luce policromatica**; proiettandolo sopra uno schermo S (Fig. 15) si vedeva un'imagine colorita coi vari colori dell'iride, lo **spettro solare**. Il rosso *r* meno rifratto occupava un'estremità, il violetto *v* più rifratto

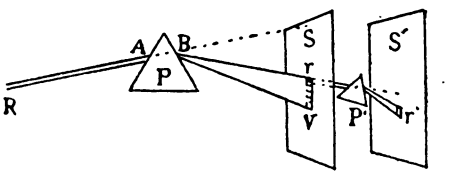


Fig. 15.

(1) DIOPTRICE, seu demonstratio eorum quae visu et visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accidunt. Propositio XVII. FRISCH, op. omn. Kepleri, II, 531.

(2) Μόνος, *uno solo*; χρωματικὸς, *colorito*; πολύς, *molto*.

Digitized by Google

l'altra, gli altri colori succedevansi colla solita successione: rosso-aranciato-giallo-verde-azzurro-indaco-violetto.

Newton, degno successore di Keplero, ripigliò le esperienze di questo. Praticando un forellino nel primo schermo S, per cui il raggio rosso r attraversava un secondo prisma P' notò, che la luce colorita (di nuovo) rifratta non cambiava più colore, benchè l'imagine r' del forellino si proiettasse con **nuova dispersione** sopra S'.[1] Questo esperimento provò che la luce solare bianca era composta di sette colori principali semplici, e che questi colori semplici subivano rifrazione diversa ed avevano, come dicono i fisici, un diverso indice di rifrazione. Siccome un fascetto di luce R A (Fig. 16), rifratto

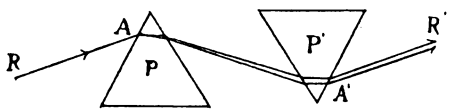


Fig. 16.

da un prisma, si disperde in quei colori distinti, così un secondo prisma P', uguale a P, posto inversamente, riunirà di nuovo i raggi dispersi e variotinti in un fascetto bianco A' R'. Questa **riunione** si può pure fare per mezzo di una lente convergente ovvero per mezzo di uno specchio concavo.

35. — La distinzione dei colori dello spettro varia, quando si gira il prisma intorno ad un asse parallelo agli spigoli. Cambiando con ciò l'angolo di incidenza del raggio luminoso, cambia anche la deviazione e la dispersione della luce. Per avere uno spettro ben distinto, conviene, come scoprì già Newton,[2] che gli angoli che fanno il raggio incidente ed il raggio che esce dal prisma colla faccia prismatica, siano uguali (cf. Fig. 14: $\measuredangle FDB = \measuredangle GEC$); allora la deviazione del raggio primitivo è minima. Questo **minimo di deviazione** però sarà differente per il rosso, aranciato, giallo, ecc.

Lo spettro sarebbe stato ancora molto più distinto, se invece di un forellino rotondo, fosse stata adoperata una fen-

(1) *Nec variat lux fracta colorem* scrisse Newton. La carta rispettiva con disegno fatto dallo stesso Newton fu trovata dal P. Secchi nella biblioteca di Ginevra.

(2) Cf. l'Ottica (*Optics*) di Newton.

Digitized by Google

ditura stretta parallela agli spigoli del prisma; perchè nel primo caso le imagini variopinte si sovrappongono, almeno in parte, mentre nel secondo si dispongono una accanto all'altra (Fig. 17). Ma durò più di un secolo prima che uno si avvedesse dell'importanza di questa piccola circostanza per l'analisi spettrale.

36. — Nel 1802 lo scienziato inglese Wollaston, ripetendo i sovradetti sperimenti ottici, invece del forellino rotondo adoperò una **fenditura stretta** praticata nelle imposte della camera oscura. Mettendo il prisma dispergente co' suoi spigoli

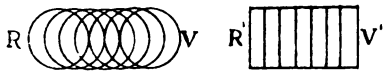


Fig. 17.

parallelo a questa, vide con meraviglia che lo spettro solare non soltanto era più distinto, ma anche discontinuo, cioè vi erano dei veri **intervalli neri**, come egli diceva, tra un colore e l'altro. Egli distingueva in questo modo quattro gruppi principali di colori (Fig. 18).

Una linea nera confusa, A A′, terminava lo spettro dalla parte del color rosso; una linea nera B B′, ben marcata, separava il rosso dal verde; una riga meno distinta, C C′, no-

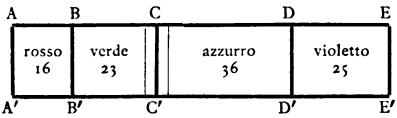


Fig. 18. Lo spettro solare secondo Wollaston.

tava l'intervallo tra il colore verde ed azzurro. Tra questo ed il violetto stava la linea D D′. Il color violetto sembrava terminato da un'ultima linea ben visibile E E′. Che il Wollaston vedesse ancora altre righe meno chiare risulta dal suo avvertimento, che presso C C′ vi sono due lineette confuse che potrebbero esser scambiate per il confine tra il verde e l'azzurro. I numeri posti sotto i vari colori indicano la proporzione dell'estensione dei detti quattro colori (secondo Wollaston); l'autore però aggiunge nella sua memoria comunicata alla Società Reale di Londra, che queste proporzioni cambiano

Digitized by Google

col cambiare dell'angolo di deviazione. Non vide un cambiamento notevole, variando la sostanza rifrangente del prisma; sibbene col variare della sorgente luminosa. Osservando per esempio la fiamma d'una candela, egli distingueva invece di quattro cinque gruppi di colori; cioè una linea gialla luminosa separava il rosso dal verde, mentre quest'ultimo colore sembrava diviso in due gruppi da una seconda.

37. La memoria del Wollaston [1] non ebbe altro effetto. Egli stesso confessò schiettamente di non poter dare una spiegazione soddisfacente di questi e simili fenomeni. Nessuno vide l'importanza del passo fatto per l'analisi dello spettro, finchè il **Fraunhofer**, celebre ottico in Monaco (Baviera), riassunse indipendentemente le dimenticate sperienze del Wollaston con mezzi più perfezionati. Egli stesso descrive il suo modo di procedere nella celebre memoria comunicata alla Reale Accademia delle Scienze: [2] Nell'imposta della finestra d'una grande camera oscura era una fenditura larga 15″, lunga 36″. Ad una distanza di 24 piedi (circa 7 metri) dalla finestra era collocato il prisma rifrangente, l'angolo del quale avea 60°. Il raggio solare proveniente dalla fenditura, avendo attraversato il prisma, nel modo già spiegato, sotto un angolo minimo di deviazione, fu osservato per mezzo d'un teodolite (I, num. 200). Grande fu la sorpresa del Fraunhofer di scoprire con questa disposizione degli apparati invece di una linea luminosa (già osservata in altri spettri di fiamme artificiali) un grande numero di **centinaia di linee nere**, tracciate con parallelismo perfetto (allo spigolo del prisma) attraverso i vari colori. Queste linee sparivano col variare dell'angolo d'incidenza, ossia col girare del prisma, sia nell'uno, sia nell'altro senso; per vederli era necessario accomodare al cambiamento l'oculare del telescopio. Un accomodamento somigliante era necessario per vedere distintamente le linee d'un colore particolare. Del resto era evidente che le righe nere osservate, neanche le principali, potevano considerarsi come limitatrici dei vari colori, come Wollaston aveva supposto.

(1) Philosophical transactions. 1802, I, 378.

(2) Denkschriften der Königl. Akademie der Wissenschaften zu München. 1814-15, vol. V, pag. 193 sgg.

Digitized by Google

38. — Fraunhofer contrassegnò le righe principali colle lettere maiuscole dell'alfabeto (Fig. 19): A, B, C, D, E, F, G, H. A trovasi al principio del rosso (senza formare il termine di questo colore), B in mezzo al rosso, C nel rosso-aranciato, D nel giallo, E nel verde, F al principio del color azzurro, G nell'indaco, H nel violetto. Oltre queste righe principali (chiamate ora generalmente **le righe di Fraunhofer**) egli osservò un gruppo intero, *a*, di righe fine molto fitte tra A e B; vicino ad E in *b* vi era un gruppo di tre linee ben notevoli. Il numero di tutte le linee diligentemente notate tra B ed H arrivò a 576.

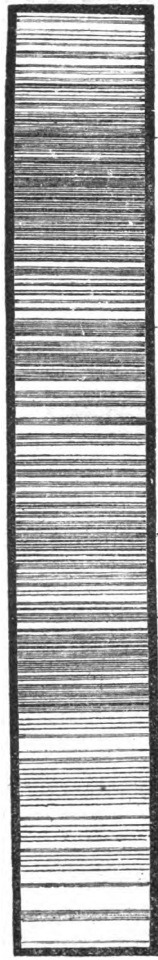


Fig. 19. Le righe dello spettro solare secondo Fraunhofer.

Importante era la scoperta fatta allo stesso tempo dal Fraunhofer, che un lume ordinario artificiale produceva nello spettro soltanto una **linea luminosa gialla**, la quale corrispondeva perfettamente alla posizione della riga D nello spettro solare. L'interpretazione di questo fatto era però riservata, come vedremo, ad un tempo posteriore.

39. — Fraunhofer riconobbe, che le righe spettroscopiche non erano altro che imagini (negative) della fenditura. Le imagini di questa, moltiplicate per la dispersione della luce, si dispongono una accanto all'altra. Dove stanno in contatto, formano lo spettro continuo, dove lasciano un intervallo, si vedono le righe nere. Difatti, adoperando invece di una fessura dritta a foggia di I un'altra che rappresenti una linea spezzata o curva a foggia di Σ o S, tutte le righe spettroscopiche imitano questa figura.

Siccome poi i raggi violetti hanno un foco diverso da quei rossi, ecc. si capiva anche facilmente la ragione, perchè era necessario accomodare diversamente l'oculare del telescopio di osservazione, per vedere distintamente le varie righe del-

Digitized by Google

l'uno o dell'altro colore, o anche quelle dello stesso colore, più o meno disperse col girare del prisma.

40. — Si capisce poi facilmente (continua la memoria), perchè con una fenditura troppo allargata le righe spettroscopiche scompariscono. Quelle più notevoli avevano una larghezza da 5″ a 10″. Ora se l'apertura è più larga di questo valore, la medesima riga si riproduce più volte una accanto all'altra; lo stesso vale dei confini luminosi; insomma le righe diventano confuse o del tutto invisibili.

Per vedere tutti i particolari dello spettro più distintamente, il Fraunhofer raccomanda pure di disporre le cose in modo tale da rendere i raggi luminosi, che cadono sul prisma, paralleli. Per questa ragione egli collocò il prisma tanto lontano dalla fenditura. Poscia si ottenne lo stesso per mezzo di una seconda fenditura, più vicina al prisma e parallela alla prima; meglio ancora per mezzo di una **lente convergente** posta tra la fenditura ed il prisma (vicino), cosicchè la fenditura si trovasse nel foco principale della medesima. Con ciò abbiamo tutti gli elementi necessari per comporre un nuovo apparato adattato a questo genere di osservazioni: lo spettroscopio.

Art. II. — Lo spettroscopio e le sue prime applicazioni.

41. — Lo spettroscopio nella sua forma più perfezionata (Fig. 20) si compone di quattro parti principali, montate sopra una mensola A, il prisma P e tre tubi C, T, M, muniti di lenti acromatiche. Il tubo C, detto **collimatore** porta all'estremità, voltata verso il prisma P, una lente acromatica convergente, nel foco della quale si trova la fenditura F, che mediante una vite V può chiudersi ovvero allargarsi a piacimento.[1] I raggi luminosi R, provenienti dalla fenditura escono paralleli dalla lente, ed entrano nel prisma, dal quale vengono poi rifratti verso il **telescopio** di osservazione (T), cosicchè possano essere osservati per mezzo dell'oculare in O. Ivi si

(1) Uno dei primi che adoperò questa forma di collimatore sembra essere stato il noto ottico inglese Simms. Mem. R. A. S. 1839. XI, 168.

Digitized by Google

vede lo spettro con tutte le sue righe già descritte disopra. Per misurare la relativa distanza delle varie righe si adoperava da principio un terzo **tubo micrometrico** M, munito anch'esso di lenti convergenti, nel foco delle quali in S era collocata una scala millimetrica trasparente (impiccolita per mezzo della fotografia). Illuminando questa scala con un lume artificiale (*), si poteva vedere l'imagine di essa, riflessa sulla faccia esteriore del prisma P, proiettata lungo lo spettro nel cannocchiale T. Si leggeva così senza difficoltà la disposizione relativa delle varie righe. Il piccolo prisma collocato avanti la fenditura F, di cui copre soltanto la metà, serve per introdurre, mediante riflessione totale (I, num. 166), un raggio R′ di luce diversa da quello di R. Si vedono allora due spettri uno sopra l'altro nel telescopio T, le linee dei quali si possono in questo modo confrontare con grande facilità.

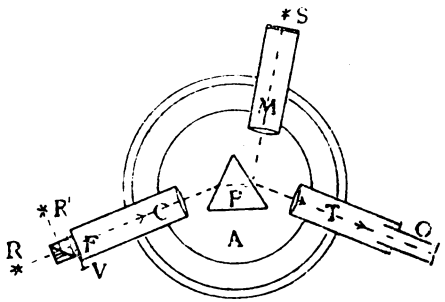


Fig. 20. Spettroscopio moderno.

42. — Con questa nuova disposizione era possibile analizzare non solamente lo spettro solare, ma quello di tutti i corpi luminosi.

Bastava a ciò rendere incandescenti le varie sostanze ed osservare la loro luce collo spettroscopio. Le ricerche fatte in questo modo rivelarono presto la grande importanza del nuovo apparato: cioè che la diversità degli spettri osservati permetteva trarre una conclusione sulla diversità delle varie sostanze luminose. L'**analisi spettrale** cominciò a fare concorrenza all'usitata analisi chimica; anzi il nuovo modo di procedere sembrò molto più comodo, speditivo e quello che importava assai per l'astrofisica, applicabile a corpi inaccessibili e soltanto visibili da lontano, agli stessi corpi celesti.

Osservando spettroscopicamente una fiamma ordinaria, si vede comunemente uno spettro continuo, cioè coi varii colori dell'iride, ma senza le righe di Fraunhofer. Similmente

Digitized by Google

un corpo solido o liquido incandescente dà uno spettro continuo.[1] Osserviamo invece un gas incandescente, allora vediamo uno spettro discontinuo di righe luminose, il numero e la disposizione delle quali è caratteristico per la sostanza relativa.

Wollaston come Fraunhofer (n. 36, 38) avevano già notato una linea gialla nelle fiamme ordinarie, la quale coincideva perfettamente colla riga D dello spettro solare. Ora si seppe, che questa linea è prodotta dal **Sodio**, e siccome questa sostanza si trova sparsa in quantità sufficiente nella stessa atmosfera terrestre, essa si fa vedere quasi in tutte le fiamme ordinarie. Anzi la presenza della linea in spettri del resto diversissimi fece da principio una seria difficoltà contro il già enunciato principio, che cioè sostanze diverse abbiano spettri diversi.

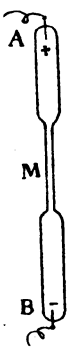


Fig. 21.

43. — I gas (permanenti) si sogliono per tali sperimenti rinchiudere nei cosidetti **tubi di Geissler**[2] sotto una pressione minima (di pochi millimetri). Alle due estremità A e B (Fig. 21), dove il tubo è più largo, sono due fili di platino saldati nel vetro, fra i quali si fanno scoccare scintille elettriche nel noto modo descritto dai fisici. Allora la parte capillare M risplende a cagione del gas incandescente con viva luce e la lineetta luminosa così prodotta viene posta davanti alla fessura dello spettroscopio; anzi si può osservarla senza fenditura, a cagione della strettezza della linea stessa luminosa. Osservando così lo spettro del vapor del sodio, si vede una sola riga gialla, la quale però con forti ingrandimenti si sdoppia, come fa pure la linea D di Fraunhofer nello spettro solare. L'idrogeno mostra tre belle righe colorate, una rossa, che coincide colla C di Fraunhofer, la seconda azzurra coincidente colla F, la terza tra l'azzurro ed il violetto presso G. E così ciascun vapore o gas ha il suo spettro particolare, che lo rende facilmente riconoscibile.

(1) Nelle fiamme ordinarie (a gas, petrolio o d'una candela) si trova una massa di particelle incandescenti di carbone non volatilizzato, le quali cagionano lo spettro continuo.

(2) Altri dicono tubi di Plücker, il quale è l'inventore, mentre Geissler è il primo fabbricatore dei detti apparecchi.

Digitized by Google

44. — Gli **spettri continui** dei solidi e liquidi, benchè mostrino raggruppamenti diversi, o meglio estensione diversa dei vari colori secondo la diversità della sostanza incandescente, nondimeno non sono con ciò solo adattati a dare un criterio sicuro della loro natura chimica. Si cerca perciò di volatilizzarli e di ottenere in questo modo uno **spettro caratteristico dei rispettivi vapori.** Ma a ciò ci vuole una temperatura molto elevata, quale è per esempio quella di un becco di Bunsen (ove il gas ordinario di illuminazione arde mescolato coll'aria), ovvero di una fiamma di idrogeno alimentata dall'ossigeno; o finalmente una lampada elettrica ad arco. Usando quest'ultima, si suole mettere una piccola quantità della sostanza da analizzare nella cavità crateriforme del carbone positivo, proiettando lo spettro sopra di uno schermo.[1]

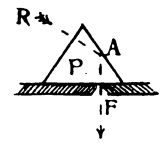


Fig. 22.

45. — Per confrontare uno spettro con un altro, si copre la metà della fessura F con un piccolo prisma equilaterale P (Fig. 22), il quale introduce nello spettroscopio il raggio R della sorgente luminosa di confronto. Si vedono così due spettri, uno parallelo all'altro, ed il confronto è facile.

Il **prisma di confronto** si può spostare intorno al suo asse verticale, per mettere lo spettro di confronto in perfetta armonia coll'altro; cosa che si ottiene facilmente usando prima la stessa luce per l'uno e l'altro. Con questi pochi e relativamente semplici mezzi l'analisi spettrale era ben avviata.

Esaminando le varie sostanze, si trovò che tra lo spettro continuo, emanante dai corpi luminosi, e lo spettro di emissione dei vapori o gas, composto di righe luminose, ve ne ha un terzo (per es. lo spettro dell'azoto) a linee raggruppate, le quali colla loro disposizione simmetrica fanno l'impres-

(1) I metalli più pesanti volatilizzati in questo modo mostrano una grande quantità di righe; il ferro, per es., più di 500. Basta una minima quantità dell'elemento rispettivo, per produrre le linee caratteristiche, donde la spettroscopia diventò presto un mezzo potentissimo di analizzare la chimica costituzione dei corpi. Anzi non pochi elementi semplici nuovi furono scoperti in questo modo, come il rubidio e cesio (1860, dal Bunsen), il tallio (1862, dal Crookes), l'indio (da Reich e Richter, 1863), il gallio (da Lecoq de Boisbaudran, 1875), ecc.

Digitized by Google

sione di un nastro iridato, avvolto con successive pieghe cilindriche: i singoli gruppi sembrano altrettante colonne illuminate da una parte, donde questi spettri furono anche chiamati **spettri a colonnato.**

ART. III. — NESSO TRA GLI SPETTRI DI EMISSIONE E DI ASSORBIMENTO. INVERSIONE DELLO SPETTRO.

46. — Le ricerche spettroscopiche condussero presto ad ulteriori scoperte dei cosidetti **spettri di assorbimento,** cioè di spettri luminosi solcati da righe o zone oscure, somiglianti alle note righe nere dello spettro solare. Siccome un vetro rosso lascia passare soltanto la parte rossa dello spettro, assorbendo gli altri colori, così una sostanza diafana qualunque, attraversata dalla luce di un corpo incandescente, ne assorbisce alcuni colori, lasciando passare gli altri: si ottiene uno spettro di assorbimento più o meno discontinuo, secondo la natura del corpo frapposto e del corpo luminoso. Se la sostanza frapposta è aeriforme, lo spettro (continuo) del corpo luminoso apparisce solcato da linee oscure ben distinte, le quali si rassomigliano perfettamente alle note righe di Fraunhofer dello spettro solare. Anche tali spettri di assorbimento furono utilizzati per l'analisi spettrale, ma la legge della **inversione dello spettro,** cioè di uno spettro di righe luminose in quello di righe oscure, non fu pienamente riconosciuto prima del 1859, quando il professore Rob. Kirchhoff di Heidelberg († 1887) la scoprì e ne diede la spiegazione. (1)

47. — Kirchhoff col suo collega Bunsen stavano un giorno occupati nel loro laboratorio colle ricerche spettrali. Il primo, per fissare bene la posizione delle varie righe brillanti delle diverse sostanze, avea fatto un disegno esatto delle righe

(1) Altri eminenti fisici come Brewster, Foucault, Stokes fecero anche prima del Kirchhoff osservazioni somiglianti, senza però arrivare alla legge fondamentale formolata da questo. L'inversione si può osservare facilmente, mettendo un po' di sodio tra i due carboni della lampada elettrica; si vede subito la linea gialla D brillante proiettata sul fondo dello spettro continuo del carbone assai disperso. Man mano che i vapori che circondano la fiamma si raffreddano, essi assorbiscono la luce emessa; si comincia a vedere la linea D inversa e nera.

Digitized by Google

solari. Voleva egli particolarmente constatare la perfetta coincidenza già notata dallo stesso Fraunhofer della riga del sodio con quella D dello spettro solare. Mise perciò davanti alla fessura, debolmente illuminata dal Sole, una fiamma nutrita di sodio. Si accorse allora che la riga solare D era semplicemente rimpiazzata dalla riga luminosa del sodio. Per vedere fino a qual grado si potesse aumentare l'intensità della luce solare, prima che sparisse la riga luminosa del sodio, e lasciando perciò cadere la piena luce del Sole sulla fessura, osservò con grande sorpresa, che la riga oscura D non solamente ricompariva subito, ma di più ad onta della presenza della fiamma artificiale essa pareva più oscura e più netta del solito. Discutendo questo strano fenomeno col suo collega, ambedue vennero alla importante conclusione, che il sodio della fiamma assorbisce precisamente quella parte della luce solare, che esso stesso emette.

E difatti, sostituendo alla luce solare quella della luce di Drummond, che dà uno spettro continuo, e frapponendo tra questa e la fessura nel modo predetto la stessa fiamma, essi videro nettamente la **riga gialla inversa**, cioè invece della linea D luminosa prodotta dalla fiamma sola, si osservò una riga nera allo stesso posto.[1] Dunque il vapore del sodio emette ed assorbe la medesima categoria di radiazioni, cioè raggi della stessa rifrangibilità, non alterando in nessun modo i raggi di rifrangibilità diversa.

Che lo stesso valga degli altri vapori si potè presto constatare, sostituendo per esempio ai vapori del sodio quelli del litio. Questa sostanza emette una linea positiva[2] rossa molto brillante, la quale non ha una negativa corrispondente nello spettro solare. Ciononostante lasciando passare i raggi solari attraverso una fiamma nutrita della medesima e poi osservando lo spettro solare, si osserva nel luogo rispettivo la linea negativa di assorbimento.

48. — Dal complesso di questi fenomeni osservati ed esaminati segue la seguente **legge fondamentale** per l'analisi

(1) Fu questo una nuova applicazione del principio già enunciato dal P. GRIMALDI, *Lux addita luci creat tenebras.*

(2) Seguiamo con tale nomenclatura di spettri positivi e negativi l'esempio del P. Secchi.

Digitized by Google

spettrale: *Quando i raggi luminosi di un corpo (solido o liquido) incandescente passano attraverso ad una sostanza aeriforme, la quale sia pure in istato di incandescenza, ma con una temperatura meno elevata ed una luce meno intensa, allora lo spettro mostra delle righe oscure esattamente nei luoghi, dove la sostanza aeriforme sola mostrerebbe le sue righe luminose caratteristiche.* La ragione poi di questa inversione come mostrò il Kirchhoff sta in ciò, che il rapporto tra il potere emissivo e quello assorbente è lo stesso per tutti i corpi ed il suo valore dipende unicamente dalla temperatura e dalla lunghezza di onda.

Si osserva qualche cosa di analogo nel fenomeno della **risuonanza.** Una corda tesa non viene messa in vibrazione da onde sonore dell'aria circostante, se queste onde non sono uguali a quelle che la corda vibrante potrebbe generare; ma se sono uguali, allora rinforzano le vibrazioni della corda relativamente più debole, perdendo però l'energia di propagarsi alla stessa distanza come le altre disuguali, che non compiono un simile lavoro, non vengono assorbite da corde simpatiche. Se la corda avesse già prima una vibrazione più forte di quella cagionata dalle avventizie, queste non verrebbero estinte per un orecchio capace di sentire le prime.

In modo somigliante la fiamma frapposta tra la fessura e una sorgente luminosa che genera uno spettro continuo, produce un effetto doppio: 1° rinforza le vibrazioni luminose della parte rispettiva dello spettro; 2° assorbe le vibrazioni dello spettro continuo nella stessa parte. Per ottenere l'inversione delle righe luminose della fiamma, il secondo effetto deve prevalere sul primo; il **potere assorbente** deve superare quello **emittente,** altrimenti la fiamma manterrà nello spettro la sua luminosità; donde si vede che per l'inversione dello spettro è sempre necessario che la temperatura della sostanza assorbente sia più bassa di quella dell'altra, che produce lo spettro continuo. Così si spiega, come Kirchhoff, coll'indebolire i raggi solari, poteva rendere prima neutrale, poi luminosa la riga D dello spettro solare. L'importanza di questa legge per l'interpretazione delle righe di assorbimento del Sole e delle stelle è evidente, ed avremo nei rispettivi capitoli occasione di studiarla più minutamente.

Digitized by Google

ART. IV. — SPETTRI DI DIFFRAZIONE. MISURA ASSOLUTA DELLE RIGHE SPETTROSCOPICHE.

49. — L'estensione di uno spettro qualunque dei vari colori e la distanza relativa delle linee spettrali dipende non soltanto dalla natura del corpo lucente, che emette i raggi luminosi, ma anche dalla materia e costruzione del prisma rifrangente. I vari vetri che si usano a questo scopo hanno diversi indici di rifrazione ed un potere dispersivo diverso; anzi questo potere dispersivo, benchè sia lo stesso per l'uno o l'altro colore, può essere diverso per il resto, come vedesi dal confronto dei vari

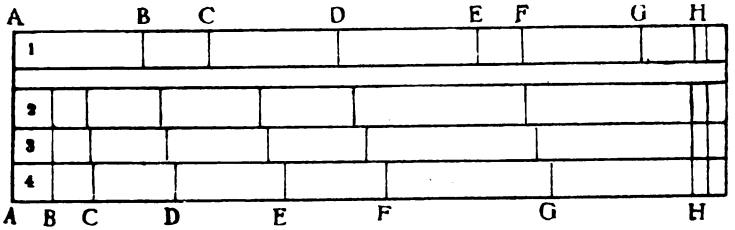


Fig. 23. Dispersione diversa di varii prismi.

spettri della figura 23, nella quale sono rappresentate le righe principali ottenute con tre **prismi diversi**, uno di flint (2), il secondo di crown (3) ed il terzo di acqua (4),[1] costruiti in modo tale che le righe di Fraunhofer A ed H in tutti e tre coincidano.

Le misure prese coll'apparato millimetrico descritto di sopra (n. 41) hanno quindi sempre un valore soltanto relativo. Per avere poi un valore assoluto ci vorrebbe uno **spettro normale**. Si usava prima lo spettro solare colle sue righe, prodotto dallo spettrometro, come termine di confronto; ora invece si sogliono determinare le posizioni delle varie righe per mezzo delle lunghezze di onde luminose, alle quali esse corrispondono. Se potessimo produrre uno spettro, nel quale le

(1) Prismi liquidi si ottengono per mezzo di un vaso prismatico con pareti di vetri ben levigati e paralleli, nel quale si versa il liquido che viene poi attraversato dai raggi luminosi nel modo solito.

Digitized by Google

righe si dispongano esattamente in proporzione a queste lunghezze di onde, avremmo uno spettro normale, che fornirebbe delle misure assolute; ora questo si ottiene collo spettro di diffrazione, che vedesi rappresentato nella figura 23 in primo luogo (1) sopra gli altri.

50. — Il primo che paragonò la propagazione della luce con quella delle onde, osservate sulla superficie delle acque, fu il padre Grimaldi S. I.,[1] il quale perciò supponeva l'esistenza di una sottilissima sostanza fluida, comunemente chiamata etere, nella quale si propagassero queste onde luminose. Le sue osservazioni sulla **diffrazione della luce** dettero un valido appoggio a questa teoria, dipoi perfezionata dal celebre Huygens (Ugenio). Se due raggi provenienti dalla stessa sorgente luminosa, o due sistemi di onde identiche, provenienti dallo stesso centro, incontrandosi di nuovo (per rifrazione, riflessione, ecc.), si trovino in fase diversa di onda, cosicchè ad una lunghezza intera dell'una corrisponda la metà dell'altra, allora i moti opposti si distruggono vicendevolmente; invece di luce vi sarà oscurità nel detto punto: o come disse il padre Grimaldi « luce aggiunta a luce produce oscurità ». Dove invece le onde si raggiungono colla medesima fase, si rinforzano, la luce sarà più intensa. Dovunque il ritardo delle onde di un raggio dietro l'altro costituisce la lunghezza di una mezza onda, vi sarà oscurità, dove invece è uguale ad un'onda intera vi sarà luce.

Misurando lo spazio percorso dai raggi nei singoli casi, si trova un mezzo di calcolare la stessa **lunghezza di onda** ed inoltre (come provano i fisici) si spiegano tutti quei fenomeni dell' interferenza della luce, sia per l' inflessione di essa all'orlo dei corpi opachi, sia per il passaggio per due forellini o fessure vicine, sia per la riflessione di due specchi pochissimo inclinati l'uno verso l'altro, sia finalmente per la doppia riflessione nelle lamine sottili.

51. — Se un sistema di onde provenienti da un punto lontanissimo attraversa una fessura stretta, tutti i punti dell'apertura formano altrettanti centri delle onde, che si propagano dall'altra

(1) De lumine, coloribus et iride. Opus posthumum. Bononiae, 1665. Un' esposizione più estesa sulla teoria ondulatoria vedasi nell'opera del P. Secchi: " Unità delle forze fisiche " (tradotto in varie lingue: francese, tedesca, ecc.).

Digitized by Google

parte in tutte le direzioni. Secondo la concordanza o discordanza di queste onde si vedrà ivi luce od ombra. Guardando la fenditura ad occhio nudo o per mezzo di un cannocchiale si vede accanto della medesima una **serie di imagini secondarie** disposte simmetricamente dall'una e dall'altra parte. La larghezza delle lacune fra le singole imagini cambia con la luce incidente; adoperando per esempio luce monocromatica (frapponendo una lastra di vetro colorato sulla fessura) si osserva una distanza maggiore delle frangie luminose nel caso delle luce rossa, che non nel caso della luce violetta, e la ragione di ciò apparisce dal detto; imperocchè le onde luminose della luce rossa sono più lunghe di quelle della violetta, e perciò una differenza di mezz'onda accade più presto con questa che non

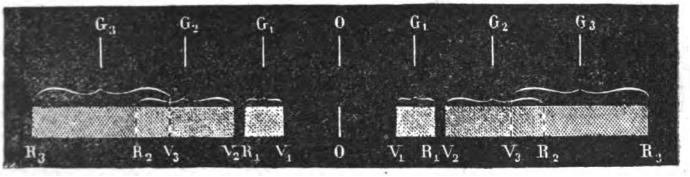


Fig. 24. Spettri di diffrazione di I, II, III ordine.

colla luce rossa. Ciò spiega perchè adoperando luce bianca la fascia centrale apparisce fiancheggiata da frange iridate.

52. — Il modo più semplice per osservare il fenomeno testè descritto, è di puntare un cannocchiale all' infinito, e dirigerlo poi verso un punto luminoso lontano o meglio verso una linea luminosa di un cilindretto specolare illuminato dal Sole, avendo applicato davanti all'obbiettivo un pezzo di stagnuolo, in cui sia tagliata colla punta d'un temperino una fenditura. — Se poi invece di una fessura sola ne adoperiamo molte, tracciando per esempio sopra una lastra affumicata delle linee parallele molto fitte, allora si vede nel mezzo la figura bianca della linea luminosa osservata, ed a ciascun lato una serie di spettri, col violetto verso l' interno e col rosso verso l'esterno (Fig. 24), i quali si distinguono in spettri di I, II, III, ordine, ecc. Quanto sono più lontani dall' imagine centrale, tanto sono più estesi, cosicchè la parte rossa R_2 dello spettro di secondo ordine copre già una parte del violetto V_3 dello spettro di terzo ordine. Molto

Digitized by Google

più i seguenti di ordine più alto si compenetrano, formando una striscia continuata di varii colori sovrapposti.

Questi spettri chiamansi **spettri di diffrazione**. In essi si osservano le righe spettrocopiche colla stessa nitidezza come negli spettri a rifrazione, ma offrono il vantaggio di permettere senz'altro di indicare la posizione delle righe rispettive secondo la rispettiva lunghezza di onda.

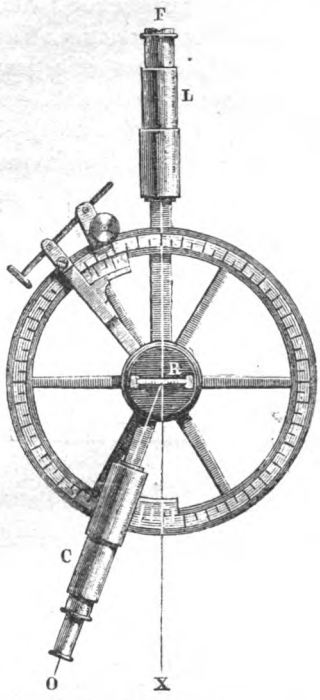


Fig. 25. Spettrometro.

53. — Apparecchi adattati a questo scopo furono già costruiti dallo stesso Fraunhofer, di cui portano il nome, e sono i cosidetti **reticoli di Fraunhofer.** Egli adoperò prima dei fili metallici finissimi, mantenuti paralleli e vicinissimi fra di loro, poi usò le dette lastre affumicate, poscia una lastra dorata, sulla quale col diamante incideva le linee parallele; scoprì finalmente che la doratura era superflua e che i reticoli così preparati davano gli spettri non solamente per diffrazione, ma ugualmente bene per mezzo della riflessione.

Noi non possiamo qui riferire per disteso le molte considerazioni da farsi per sviluppare le formole matematiche necessarie per la determinazione della lunghezza di onda. Rimettendo per questo agli autori di Fisica che trattano queste materie più a lungo, avvertiamo soltanto che stabilita una volta una cotale formola, la determinazione della lunghezza di onda diventa abbastanza semplice per mezzo dello **Spettrometro** (Fig. 25).

54. — Nel centro di un circolo ben graduato (orizzontale) si colloca il reticolo R in modo tale che l'asse ottico F R del collimatore L col suo prolungamento R X stia perpendicolare al piano di R. Le righe del reticolo siano parallele alla fes-

Digitized by Google

sura F, la quale illuminata dalla luce del giorno mostra nel cannocchiale di osservazione C lo spettro per esempio di 1 ordine colle solite righe di Fraunhofer. Girando il telescopio intorno ad R sul circolo graduato, si può per mezzo della vite di richiamo (I, n. 148) mettere il suo filo micrometrico sopra una riga qualunque dello spettro.

L'angolo O R X $= \alpha$, sotto il quale si vede la riga (dello spettro di primo ordine) determina in millimetri la lunghezza d'onda (λ) mediante la semplice formola $\lambda = \frac{\text{sen } \alpha}{n}$, nella quale n significa il numero dei tratti del reticolo sullo spazio di un millimetro. Per rendere la misura indipendente dalla determinazione di R X, si misura dall'altra parte l'angolo corrispondente alla stessa linea nello spettro corrispondente di primo ordine, ottenendo così la misura dell'angolo doppio di O R X ossia 2α. Per gli spettri di secondo ordine si troverebbe $\lambda = \frac{\text{sen } \beta}{2n}$ ecc. Insomma negli spettri a diffrazione le lunghezze di onde sono semplicemente proporzionali agli angoli di deviazione. Come risultato di cotali misure troviamo per le righe principali di Fraunhofer le seguenti lunghezze di onde espresse in ($\mu\mu$) milionesimi di millimetri.[1]

A	B	C	D	E	F	G	H
760,4	687,0	656,3	589,6	526,9	486,2	430,8	396,8

55. — Quanto è più grande il **numero dei tratti** del reticolo sullo stesso spazio di 1 millimetro, tanto maggiore sarà la dispersione senza che la luminosità diminuisca. Se, per es., invece di 100 tratti se ne adoperano 200, lo spettro di primo ordine prodotto da questi ultimi, occuperà il posto e l'estensione dello spettro di secondo ordine prodotto dai primi; ed è appunto per questa ragione, che si cerca di aumentare sempre più

(1) Conoscendo la velocità (v) di propagazione della luce, possiamo dedurre il numero x delle oscillazioni compiute in un minuto secondo essendo $v = x\lambda$. In un secondo la luce percorre 300 000 km, ossia 300 000 bilioni di milionesimi di millimetri; dividendo questo numero pei vari valori di λ si trova che per la luce rossa circa 400 bilioni di oscillazioni sono compiute in un secondo, per la violetta quasi il doppio!

Digitized by Google

questo numero.[1] Generalmente parlando la luminosità degli spettri di primo, secondo, terz'ordine dello stesso reticolo sta come $1 : \frac{1}{4} : \frac{1}{9}$ ecc. Affinchè le linee appariscano ben nette e definite nello spettro, è necessario che i singoli tratti sul reticolo siano fatti con grande precisione, cioè non abbiano soltanto la stessa grandezza e spessezza, ma siano anche fatti con intervalli perfettamente uguali.

Avendo determinato una volta le varie lunghezze di onda delle righe principali, sarà facile confrontare i varii spettri prismatici collo spettro normale (cfr. figura 23, pag. 43).

Art. V. — Modificazione degli spettri a cagione della variazione di temperatura e pressione. Spettro dei composti chimici.

56. — Si è detto che le varie sostanze (elementari) hanno i loro spettri caratteristici. Ciò però non vuol dire, che lo stesso elemento dia sempre lo stesso spettro in qualunque condizione. Temperatura e pressione variata possono talmente modificare l'aspetto del medesimo che l'identificazione della sostanza incandescente a prima vista sia difficile. Così per esempio l'idrogeno (H),[2] rinchiuso in un tubo di Geissler sotto una pressione di pochi millimetri, non mostra che tre o quattro righe luminose (num. 43) le quali vengono distinte coi seguenti simboli: $H_\alpha = 656{,}3\,\mu\mu$; $H_\beta = 486{,}2\,\mu\mu$; $H_\gamma = 434{,}1\,\mu\mu$ visibili nel rosso, azzurro e violetto rispettivamente. Altre righe più deboli trovansi $H_\delta = 410{,}1\,\mu\mu$ nell'indaco, H_ε (396,9) nel violetto; nell'ultravioletto furono poscia scoperte ancora le righe H_ζ (388,7), H_η (380,1), H_ϑ (379,5), ecc. Col crescere della **pressione** del gas incandescente tutte queste righe si allargano. Sotto una pressione di parecchie atmosfere lo spettro sembra del tutto continuo. Le forti linee H_α, H_β, H_γ si ve-

(1) Sono stati costruiti reticoli con più di 500 tratti paralleli ed equidistanti sopra l'estensione di un millimetro. Così, per es., un reticolo metallico (a riflessione) di Brashear (Alleghany) usato dal Duner nei suoi lavori sulla rotazione del Sole contava 46 000 tratti di una lunghezza di 53 mm sopra la larghezza di 81 mm.

(2) La lettera H significa qui il simbolo dell'idrogeno (Hydrogenium), non la linea H di Fraunhofer.

Digitized by Google

dono soltanto segnate da una maggiore intensità della luce; anzi se la pressione diventa uguale a quella di circa 10 atmosfere, non si vede più traccia veruna delle medesime, ma invece uno spettro continuo abbastanza luminoso. Viceversa con una continuata **rarefazione** dello stesso gas le righe si riducono man mano ad una sola (H β). Quello poi che si è detto dell'idrogeno, vale similmente delle altre sostanze aeriformi.

57. — Simili cambiamenti degli spettri si osservano colle forti variazioni della **temperatura**. Le basse temperature moltiplicano le linee, producono talvolta spettri a colonnato e tendenti alla continuità, mentre le temperature più alte, nelle quali la dissociazione degli atomi è massima, producono soltanto linee isolate nello spettro. Da ciò si conclude che la libertà delle ultime particelle di eseguire le loro vibrazioni caratteristiche, garantisce le linee caratteristiche dello spettro, mentre combinazioni chimiche, pressione e condensazione producono urti più complicati e quindi spettri meno distinti, tendenti alla fusione in uno spettro continuo.

Rimane dunque sempre vero che uno spettro di righe comunque isolate deve la sua origine ad una sostanza aeriforme, mentre uno spettro continuo può essere prodotto da un corpo solido, liquido e gassoso. Questo criterio è di grande importanza per l'astronomia, facilitando la distinzione delle cosidette nebulose in nebulose vere e semplici gruppi stellari.

58. — Gli spettri dei **composti chimici** ordinariamente non sono una semplice composizione o sovrapposizione delle sostanze componenti, benchè non manchino esempi di tali composizioni, come nel caso dell'idrogeno combinato col cloro (H Cl), bromo (H Br) e iodio (H I). Ma anche in quei composti che sembrano avere uno spettro del tutto diverso dagli spettri dei componenti, si trovano talvolta relazioni strettamente matematiche tra le onde luminose degli uni e degli altri, per esempio quelle dell'idrogeno (H) ed ossigeno (O) e del vapor d'acqua (H_2O).[1] Le modificazioni sembrano provenire da

(1) Interessanti ricerche sopra le cose qui accennate trovansi in un articolo del prof. Grünwald (Astron. Nachrichten 2797), il quale crede di potere concludere dalle sue considerazioni, che l'idrogeno, finora considerato come un elemento semplice, sia in realtà composto di due sostanze diverse.

Digitized by Google

ciò, che gli atomi dei corpi semplici, legati del vincolo della molecola del composto, non possono eseguire le solite vibrazioni semplici, che compiono nello stato di perfetta dissociazione.

Similmente le **leghe metalliche,** che suppongono una mescolanza molecolare omogenea dei metalli componenti, se per l'alta temperatura alla quale vengono soggette non si sdoppiano, mostrano le righe caratteristiche dei loro componenti, ma con striscie sfumate, che ricordano i cosidetti spettri a colonnato (num. 45). Se in una lega prevale uno dei metalli componenti, anche le linee del suo spettro prevalgono, cosicchè dal grado dell'indebolimento delle righe degli altri componenti si può tirare una conclusione sulla quantità relativa dei metalli componenti.

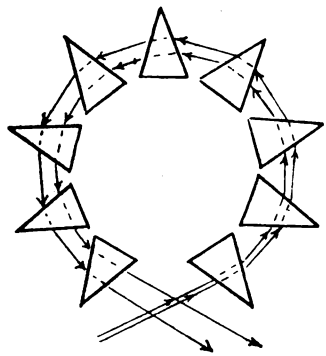


Fig. 26. Dispersione poliprismatica.

Da tutto ciò apparisce che la struttura molecolare di una sostanza qualunque esercita il suo influsso sullo spettro; quanto essa è più semplice, tanto più semplice apparisce lo spettro; quanto la struttura è più complessa e compatta (come nei liquidi e solidi), tanto più esteso e continuo è lo spettro. Un effetto intermedio producono i cambiamenti di pressione e di temperatura. Vedremo a suo luogo l'applicazione di queste nozioni all'astronomia.

Art. VI. — Perfezionamento degli apparati spettrali. Spettroscopi a visione diretta.

59. — Se la luce della sorgente luminosa da analizzarsi è molto intensa, si può, senza temere una troppo grande perdita della luminosità dello spettro, aumentare il numero dei prismi e con ciò la dispersione dello spettro e la distanza delle singole righe. Adoperando un **apparecchio poliprismatico** di nove prismi (Fig. 26), si ottiene uno spettro solare

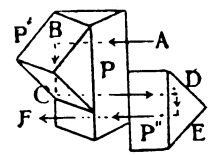


Fig. 27.

Digitized by Google

di parecchi metri di lunghezza, nel quale si contano più di 5000 linee spettrali.

Per non rendere troppo pesanti cotali spettroscopi, si ebbe ricorso all'artifizio di fare ritornare il raggio luminoso A B (Fig. 27) un'altra volta attraverso lo stesso prisma P, per mezzo di una doppia riflessione in B e C sulle faccie interne di un prisma P′ posto attraverso dietro P. Anzi se il prisma P e gli altri che lo precedono hanno un' altezza sufficiente, si può effettuare un simile ritorno del raggio luminoso un' altra volta in D ed E verso F per mezzo di un secondo prisma a riflessione (P″).(1)

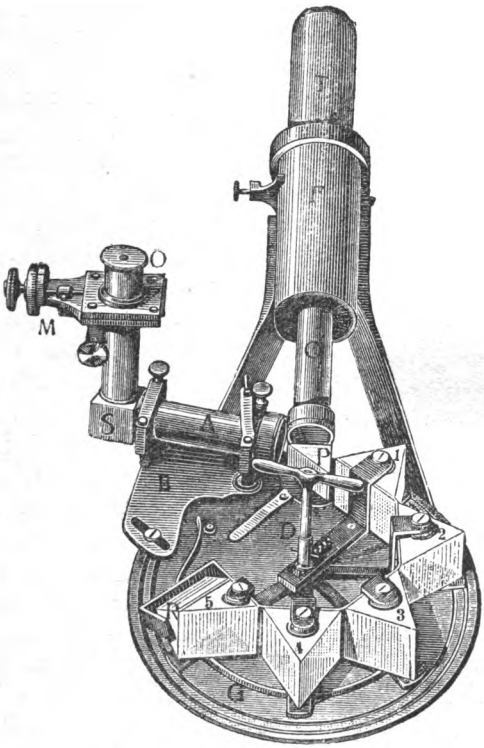


Fig. 28. Spettroscopio poliprismatico.

In questo modo il signor Grubb (Dublino) ha costruito uno spettroscopio poliprismatico con tre grandi prismi, equivalenti a 18 prismi ordinari. Imperocchè il raggio luminoso nel modo anzidetto è costretto ad attraversarli ben sei volte. Per mezzo di un congegno particolare, si può ridurre il numero dei passaggi del raggio a 5, 4, 3, ecc. secondo il bisogno.

(1) Un apparato tale con cinque prismi, equivalenti a dieci, adoperato dal P. Secchi, vedesi descritto nell'opera *Le Soleil* (I, 228). In esso i prismi, affine di dare pei diversi raggi l'angolo *minimo di deviazione*, si spostano automaticamente.

Digitized by Google

60. — La figura 28 rappresenta lo spettroscopio poliprismatico adoperato dal P. Secchi nelle sue ricerche solari. Per mezzo del tubo T l'apparato viene adattato al telescopio, cosicchè l'imagine focale si forma presso F, dove si trova la fenditura, aggiustata mediante la vite che vedesi a sinistra. C è il collimatore, dal quale i raggi luminosi escono verso un piccolo prisma rettangolare P, che riflette i raggi verso la parte inferiore del primo prisma grande (1); rifratti da questo, attraversano il secondo (2) e poi di seguito i seguenti (3, 4, 5). Dopo il quinto un nuovo prisma riflettente rimanda i raggi nel modo già indicato nella parte superiore dell'ultimo prisma (5), dal quale ritornano per gli altri (4, 3, 2, 1) per entrare finalmente nel piccolo telescopio di osservazione (A), passando cioè al disopra del piccolo prisma P, senza attraversarlo. Per maggiore comodità dell'osservatore il cannocchialino A è fatto a gomito, essendo in S munito di uno specchio piano, che riflette i raggi verso l'oculare O, il quale è munito di un micrometro M. Non solamente questo micrometro è girevole intorno all'asse ottico S O, ma tutto il piccolo telescopio può girare intorno all'asse ottico S A, cosicchè l'osservatore può scegliere la posizione che gli sembra più comoda. Una piccola modificazione introdotta dallo stesso P. Secchi in questo genere di spettroscopi consiste in ciò, che per mezzo di un rocchetto D ed un ingranaggio, tutti i cinque prismi (equivalenti a dieci) si mettono in moto e si dispongono automaticamente mediante una guida fissa G in modo tale, che l'angolo di deviazione conserva il suo minimo.

61. — Tutti questi apparecchi poliprismatici hanno il grande inconveniente, che la deviazione del raggio primitivo è tanta, che riesce difficile di rintracciare la sua direzione, cosa che particolarmente nell'osservazione degli oggetti celesti riesce incomoda. Un rimedio a questo inconveniente portano i sistemi di **prismi a visione diretta**, inventati dall'Amici di Modena e perfezionati da altri valenti ottici. Essi ora sono generalmente composti di cinque prismi (Fig. 29), tre di crown (C) saldati a due altri di flint (F). Come i prismi acromatici (I, n. 175) deviano i raggi senza disperderli, così questi sistemi sono composti in modo da produrre l'effetto contrario, cioè dispersione senza deviazione.

Digitized by Google

62. — Se il raggio luminoso è abbastanza intenso come nel caso della luce solare, si possono adoperare due ed anche tre di tali sistemi, uno posto dietro l'altro, come vedesi nella figura 30, che rappresenta lo **spettroscopio a visione diretta** del Merz (Monaco), da noi adoperato all'osservatorio sul Gianicolo. Due sistemi (P) di prismi trovansi rinchiusi nel tubo di mezzo; A C rappresenta il collimatore (num. 41) V M

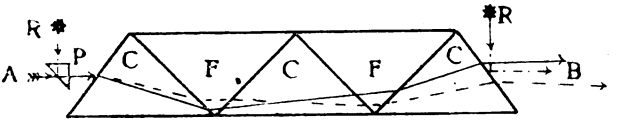


Fig. 29. Sistema prismatico a visione diretta.

il cannocchialino munito del noto micrometro M per l'osservazione dello spettro. All'estremità A si trova la fessura F, aggiustabile per mezzo della vite vicina. La vite grande di mezzo presso P serve per spostare lo spettroscopio un poco dall'una o dall'altra parte, secondochè si vuole osservare l'una o l'altra parte dello spettro. Tutto l'apparato viene ap-

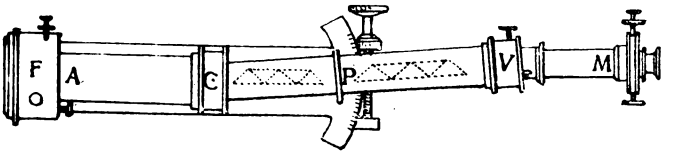


Fig. 30. Spettroscopio a visione diretta.

plicato all'equatoriale astronomico, cosicchè la fenditura si trovi nel piano focale del medesimo. Un'apertura laterale O presso F permette d'introdurre uno spettro di confronto.

Art. VII. — Spettroscopi stellari.

63. — L'apparato di Merz testè descritto può essere ugualmente adoperato per l'osservazione degli spettri delle stelle e merita così il nome di **spettroscopio universale.** A tale scopo la fessura viene sostituita da una lente cilindrica biconvessa, la quale cambia l'imagine focale della stella (un

Digitized by Google

punto luminoso) in una linea luminosa che supplisce la fenditura illuminata.(1) I raggi di una stella, raccolti dal grande cannocchiale poco prima della loro riunione nel foco, ricevuti dalla detta lente formano dietro di essa due fochi lineari separati, che sono posti a distanze differenti dall'obbiettivo. Uno è un foco accorciato dalla lente cilindrica secondo la sua curvatura e la linea è parallela all'asse del cilindro; l'altro si forma più lungi e normalmente al primo nello stesso foco del cannocchiale. Il P. Secchi preferiva l'uso dell'imagine del primo, perchè ivi sono molto minori le vibrazioni atmosferiche le quali si fanno più notevoli nei cannocchiali grandi che non nei piccoli. Lo spettroscopio universale di Merz porta un congegno speciale per girare la detta lente di 90° e così accomodarla a piacimento.

64. — La luce delle stelle è troppo debole ad ammettere più sistemi di prismi a visione diretta; nondimeno in molti casi si vorrebbe una dispersione maggiore. In tal caso si può aggiungere ad un sistema di tali prismi l'uno o l'altro prisma ordinario, perdendo però con ciò il comodo della visione diretta, che rende tanto facile l'identificazione di una stella particolare. Un tale spettroscopio composto stellare vedesi descritto con apposita figura nell'opera del P. Secchi *Le stelle* (Milano 1877, pag. 75). In esso oltre la lente cilindrica, si trova anche un prisma di confronto, che rende indispensabile la fessura ordinaria. Nota poi il chiarissimo autore che i fili micrometrici (di ragno, I, n. 184) per lo studio degli spettri stellari sono affatto inutili, perchè non vi è luce sufficiente a vederli; perciò egli introdusse l'uso della fessura riflessa e di punte metalliche fine che sogliono adoperarsi negli strumenti di precisione. Spesse volte bastano semplici misure differenziali, per le quali si presta specialmente l'uso della fotografia.

Per le stelle più piccole bisogna ricorrere agli spettroscopi ordinari già descritti, muniti di uno o due prismi soltanto.

(1) La stella per se sola darebbe uno spettro protratto in una linea iridata, nella quale le righe oscure sono piccoli punti appena visibili. La lente cilindrica serve ad allargare questa linea nella solita striscia rettangolare; si potrebbe a ciò anche usare una piccola lente cilindrica posta tra l'obbiettivo e l'oculare del cannocchialino analizzatore.

Digitized by Google

65. — Il migliore spettroscopio differenziale per tutte le stelle è il **prisma obbiettivo** (Fig. 31), usato già dal Fraunhofer, e perfezionato dal P. Secchi (l. cit.), il quale chiama gli spettri stellari ottenuti con questo spettroscopio semplicemente stupendi. Un prisma grande P di flint di 6 pollici (162 mm.) di diametro venne posto davanti all'obbiettivo del grande equatoriale di 9 pollici di apertura, la quale con ciò venne neces-

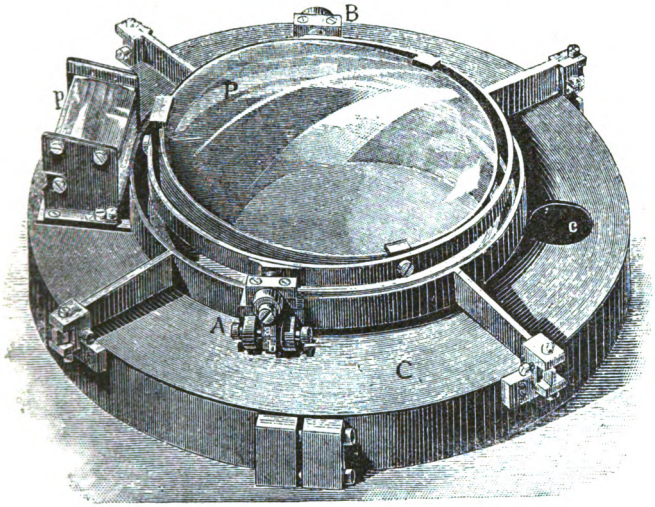


Fig. 31. Prisma obbiettivo del P. Secchi.

sariamente ridotta di 3 pollici.[1] La base circolare C è una specie di coperchio da porsi avanti all'obbiettivo. Nel foro di mezzo, di un diametro di 162 mm., è sospeso il prisma P, sostenuto da una leggiera armatura, consistente in un circolo portato da due perni A e B mobili, mediante i quali il prisma può mettersi al minimo di deviazione dei raggi.[2]

(1) Per fare un prisma da servire per un obbiettivo di nove pollici ci sarebbe voluta una massa di flint enorme ed assai più costosa.

(2) Accanto al prisma grande vedesi un piccolo prisma (acromatico) *p*, la cui deviazione dei raggi è uguale alla deviazione media (cromatica) del prisma principale. Con questo il P. Secchi sperava di potere puntare più facilmente alle righe principali dello spettro; però il risultato non corrispose all'aspettazione atteso che il piccolo prisma, che doveva servire

Digitized by Google

Per comodità di trovare le stelle fu adattato sul corpo del grande cannocchiale un secondo cercatore, che faceva col solito un angolo di circa 13°, cioè quanta era la deviazione del prisma. Questo secondo cercatore era disposto in modo, che quando la stella era nel campo del cercatore ordinario o dell'equatoriale, girando questo in ascensione retta, la stella veniva nel campo del cercatore spettrale e quindi il suo spettro stava nel centro del campo dell'equatoriale.(1) L'andamento dei raggi vedesi rappesentato nella figura 32. S A e le linee parallele indicano la direzione dei raggi stellari cadenti sul prisma, i quali dopo il loro passaggio per l'obbiettivo O vanno

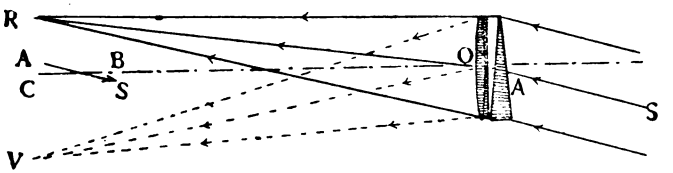


Fig. 32. Andamento dei raggi per un prisma obbiettivo.

a riunirsi, i violetti in *v*, i rossi in *r*; cioè tra *r* e *v* si forma l'imagine spettrale da osservarsi. A O è l'asse ottico dell'equatoriale, C B indica la direzione del cercatore ordinario, A S quello del cercatore spettrale.

66. — L'incomodità dello strumento testè descritto indusse il P. Secchi a combinare uno **spettroscopio stellare** molto più semplice, disegnato in sezione nella figura 33, il quale viene dall'autore stesso descritto in questo modo. Questo strumento semplicissimo consiste in un prisma a visione diretta, (P, Q, P′, O′ P″) dietro il quale è una lente cilindrica C coll'asse perpendicolare al piano di dispersione del prisma (num. 63). La lente può stare vicinissima al prisma, purchè resti 2 in 3 centim. prima del piano focale comune all'obbiettivo ed all'oculare, in un punto ove per tentativi si riesce ad avere una visione netta dalle oscillazioni dell'aria atmosferica,

da cercatore, era posto troppo eccentricamente all'obbiettivo, e l'imagine perciò mancava di precisione ed era fortemente colorata. L'apertura *c* nella base serviva per l'orientazione del cannocchiale.

(1) Il collocamento esatto di questi pezzi, ogni volta da equilibrarsi con contrappesi, si ottenne facilmente di giorno usando il Sole.

Digitized by Google

e dagli anelli di diffrazione dell'imagine principale. In tale posizione lo spettro è molto vivo, largo e ben distinto, e quantunque non abbia la grandezza dello spettro del prisma obbiettivo, occupa però un campo assai esteso. Nell'interno dell'oculare sono delle punte fine metalliche, mobili come i fili di ragno ordinarii, da viti micrometriche V e V', e inoltre l'oculare ha un moto di trasporto pel bottone B. L'oculare è positivo e

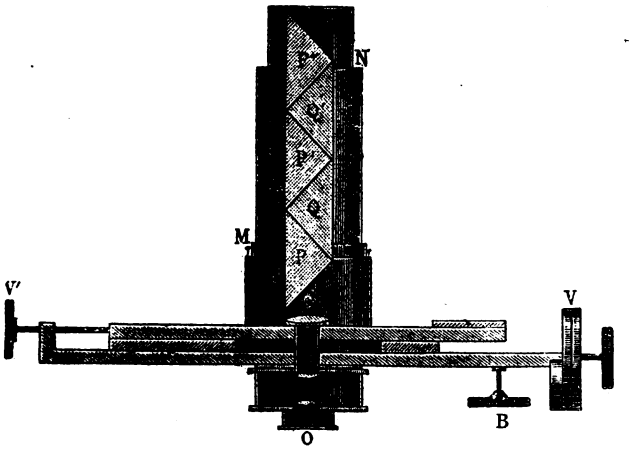


Fig. 33. Spettroscopio stellare semplificato.

fatto di lenti cilindriche per avere maggior luce, ma può usarsi anche un oculare sferico.(1)

Se invece della lente cilindrica convergente si adopera una divergente, una linea luminosa si impiccolisce. Ora questo può essere vantaggioso nel caso di meteore e stelle cadenti e simili fenomeni celesti fugaci, delle quali si vorrebbe esaminare lo spettro.

(1) Per altri particolari rimettiamo il lettore all'opera citata del nostro maestro. L'apparato descritto può essere ancora più semplificato, sopprimendo la lente cilindrica in C ed adoperando invece una tale lente davanti all'oculare ordinario; avremo così un semplice spettroscopio oculare, col quale si possono in poco tempo esaminare molti spettri di stelle diverse.

Digitized by Google

Art. VIII. — Il principio di Doppler. Riversione dello spettro.

67. — Una nave che va incontro alla direzione delle onde marine, sente le percosse delle singole onde dopo intervalli di tempi più brevi che non un'altra che va in direzione delle stesse onde, secondando il moto di queste. Un navigatore trovandosi sulla nave avrà nel primo caso l'impressione che le onde (le quali abbiano la stessa estensione e si succedano in tempi uguali) siano più brevi, nell'altro caso, che siano più lunghe di quello che sono realmente. Questa esperienza, che potrebbe farsi in molte altre maniere, trova la sua conferma dovunque trattasi di un **moto ondulatorio,** propagantesi verso l'osservatore, secondochè questo trovasi in moto, avvicinandosi verso la sorgente delle onde, ovvero allontanandosi dalla medesima.

Così il fischio di una locomotiva, che si avvicina a noi, sembra acquistare un suono più acuto e più alto; mentre nel caso dell'allontanarsi della macchina, il suono sembra abbassarsi. Diffatti le onde sonore (supponendo sempre le stesse qualità di onde emesse dalla macchina) nel primo caso vengono, relativamente all'osservatore che sta fermo, accorciate, nel secondo allungate, e così si spiega il fenomeno.

68. — Il primo che riconobbe l'universalità di questo principio per qualunque moto ondulatorio, anche per quello della luce, fu il prof. Cristiano Doppler († 1853), donde deriva il nome ora generalmente adottato di **principio di Doppler.** Fin dal 1847 egli espresse la sua ferma speranza, che per mezzo dello spettrometro di Fraunhofer un giorno sarebbe possibile di scandagliare i moti stellari nella stessa direzione della linea visuale, cosa fin allora impossibile.[1] La speranza è stata adempita, benchè le condizioni di verificare il principio non siano tanto facili, come nel caso delle onde sonore, a cagione della velocità molto più grande di propagazione

(1) Cfr. Wolf, *Geschichte der Astronomie* (München, 1877), 550. Una discussione dello stesso principio vedasi: Scheiner, *Die Spectralanalyse der Gestirne* (Leipzig, 1890), 150 sgg.

Digitized by Google

della luce; per avere una parità di circostanze ci vorrebbe uno spostamento della sorgente luminosa o dell' osservatore di circa 1000 chilometri in un secondo. Ed anche in questo caso l'occhio nudo non sarebbe capace di percepire il cambiamento delle onde di circa 1,6 μμ. Neanche lo spettroscopio sarebbe capace di indicarlo, in uno spettro continuo, ma sibbene in uno spettro lineare tanto di emissione, quanto di assorbimento, nel quale un accorciamento delle onde importa uno spostamento delle righe verso il violetto, un allungamento invece delle onde, uno spostamento verso il rosso.

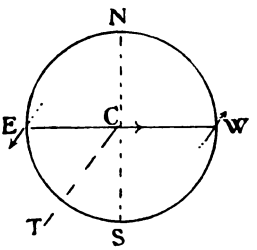


Fig. 34.

69. — Per valutare quanta sia la velocità del relativo trasporto nello spazio, indicato dallo **spostamento delle righe** spettroscopiche, e per avere allo stesso tempo una prova sperimentale del principio di Doppler, si ebbe ricorso al Sole. Girando intorno ad un asse proprio, i punti equatoriali di quest'astro sono dotati di una velocità lineare di 2 chilometri al secondo, e siccome il piano dell'equatore solare è poco differente da quello dell'orbita terrestre, ne segue che un punto orientale E (Fig. 34) si avvicina all'osservatore, mentre un altro occidentale W si allontana con la detta velocità: insomma la differenza di velocità nella direzione della linea visuale è di 4 chilometri.

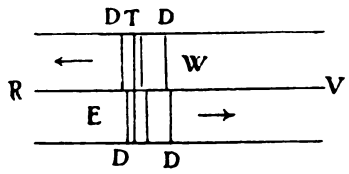


Fig. 35.

È vero che lo spostamento corrispondente delle linee spettrali, confrontate con una sorgente luminosa terrestre (in riposo) è così piccolo, che non eccede un settantacinquesimo dell'intervallo delle due righe che compongono la linea doppia D, appena sdoppiata dagli spettroscopi ordinari.

Sono stati imaginati diversi metodi per confrontare direttamente i detti punti E e W nello stesso campo del telescopio per mezzo di due spettri sovrapposti (Fig. 35). Le righe telluriche T, dovute all'assorbimento dell'atmosfera terrestre, restano al loro posto, e così si ha allo stesso tempo un

Digitized by Google

mezzo di distinguerle da quelli dei corpi celesti. Se collo stesso apparato si osservano due punti polari N ed S (Fig. 34) le righe ritornano alla coincidenza solita.

70. — A simili ricerche serve il cosidetto **spettroscopio a riversione** di Zöllner (Lipsia) nel quale mediante un piccolo prisma simile a quello di confronto (n. 45, cf. I, n. 167) si ottengono dello stesso oggetto due spettri uno sopra l'altro, ma coi colori rovesciati, cioè all'estremità rossa dell'uno corrisponde quella violetta dell'altro. Col girare del detto prisma di riversione si possono mettere in coincidenza le varie righe dell'uno colle rispettive dell'altro. Avendo quindi per mezzo

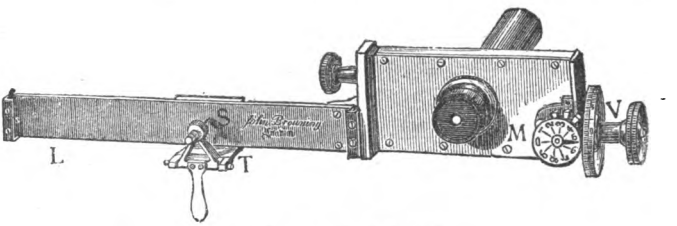


Fig. 36. Spettrografo di Browning.

di una fiamma terrestre messi in coincidenza, per esempio, le D dell'uno con quelle dell'altro e puntando poi il telescopio verso un punto in moto E (Fig. 34), le righe si spostano in senso inverso e rendono così anche più facile la misura dello stesso spostamento. Vedremo a suo luogo le molte altre applicazioni del principio di Doppler nell'astrofisica.[1] Giova però ricordare col P. Secchi (*Le stelle*, 193 sgg.) che cotali osservazioni sono molto delicate e richiedono non soltanto strumenti perfetti, ma anche tutte le precauzioni dalla parte dell'osservatore, per non farsi ingannare da qualche illusione ottica.

Art. IX. — Lo spettrografo e la fotografia dello spettro.

71. — Per disegnare fedelmente le molte linee osservate di uno spettro colla relativa distanza delle righe, sono stati

(1) Di sopra (*Astromecc.* n. 438) abbiamo già accennato, come questi spostamenti delle righe spettrali abbiano fornito un nuovo argomento per il moto di traslazione della Terra intorno al Sole.

Digitized by Google

costruiti degli apparati registratori chiamati spettrografi, coi quali si fa questo lavoro per mezzo dello stesso micrometro dello spettroscopio. La figura 36 mostra lo **spettrografo** fatto dal Browning di Londra. Esso consiste in un micrometro bifilare ordinario M (I, n. 193), al quale viene aggiustata una lastra affumicata, lungo la quale insieme col filo mobile (attaccato cioè sullo stesso telarino T) scorre uno stilo S. Spostando per mezzo della vite micrometrica V il filo da una linea all'altra, si sposta altrettanto lo stilo. Volendo notare la coincidenza del filo micrometrico con una riga spettrale, si fa colla punta dello stilo un segno ovvero una lineetta sulla lastra; passando alla seguente si fa lo stesso e così di seguito.

Chi preferisce di fare il registro dopo, separatamente, noti al telescopio le indicazioni del micrometro, e poi staccando questo dal cannocchiale faccia i segni corrispondenti alle posizioni indicate.

72. — Più perfetti saranno però i registri fatti col **metodo fotografico**, specialmente quando trattasi della registrazione di spettri molto deboli per la ragione già indicata (n. 14). L'occhio per vedere le righe spettroscopiche stellari ha bisogno della lente cilindrica (n. 63), ora questa non è necessaria, quando vuol farsi una fotografia dello spettro: basta spostare successivamente la lastra fotografica nel senso ortogonale allo spettro della linea iridata, e ne nascono distintamente le righe spettrali tanto più facilmente, perchè la luce è più condensata e più viva; anzi a cagione della luminosità maggiore così ottenuta si può effettuare una dispersione maggiore dello spettro, senza che questo diventi invisibile o non faccia più impressione nella lastra sensibile. Quello poi che manca alla luminosità, supplirà la durata della posa. Di più si ha il grande vantaggio di poter registrare una lunga serie di **raggi ultravioletti**, per i quali il nostro occhio è veramente insensibile, non così la lastra fotografica. Questo vantaggio della registrazione fotografica viene però compensato dall'inconveniente, che per i raggi aranciati e rossi la fotografia si mostra inefficace. In quanto all'agitazione dell'aria, tanto incomoda nell'osservazione diretta degli spettri, la fotografia ne soffre meno, registrando colla lunga durata della posa il valore medio delle oscillazioni.

Digitized by Google

73. — Per ottenere buone fotografie dello spettro normale (num. 49) sono da preferirsi quegli apparati, nei quali il passaggio della luce per lenti o prismi è del tutto eliminato, quale è per esempio quello di Abney indicato nella figura 37. In A si trovi la fessura, dalla quale la luce cade sopra lo specchio piano B, che la riflette verso lo specchio concavo C. La distanza A B + B C è uguale alla distanza focale di questo specchio, cosicchè i raggi riflessi da C cadono paralleli sul **reticolo riflettente** (num. 53) D, il quale riflette lo spettro divergente verso lo specchio concavo E, nel foco del quale in F trovasi la lastra fotografica, sulla quale si forma l'imagine ben netta e definita dello spettro. Con questo apparato si possono fotografare le righe ultraviolette fino alla lunghezza di onda

$$\lambda = 2700\ \mu\mu.$$

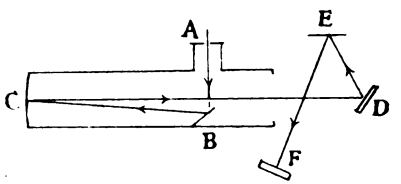


Fig. 37. Apparato spettrofotografico.

74. — Per mezzo della fotografia è pure facile il **confronto di varii spettri,** bastando a ciò di fotografarli successivamente collo stesso apparato sulla medesima lastra fotografica. A questo scopo la fessura viene munita di parecchi finestrini sovrapposti uno all'altro, i quali si aprono e si chiudono successivamente.

Adoperando il prisma obbiettivo (num. 65), si possono fotografare gli spettri di più stelle allo stesso tempo e sulla stessa lastra: è questo un metodo che si presta bene per la classificazione dei varii tipi stellari, dei quali tratteremo più sotto.

Finalmente si noti che per una felice combinazione della spettroscopia colla fotografia, filtrando la luce solare per lo spettro, si possono riprodurre **fenomeni monocromatici** principalmente della superficie solare, che rimangono inosservabili all'occhio dell'osservatore, come vedremo più particolarmente, quando dovremo discutere quei fenomeni.

Digitized by Google

CAPITOLO IV.

LA FOTOMETRIA CELESTE

ART. I. — PRIMI METODI DI ASTROFOTOMETRIA.

75. — Le varie grandezze delle stelle (I, n. 9) da principio non si distinguevano con altro metodo che colla **semplice stima.** La grandezza tradizionale, trasmessa da Tolomeo, fu generalmente ritenuta con poche modificazioni. Coll'andar del tempo si sentì sempre più il bisogno di avere qualche scala normale, secondo la quale si potesse valutare più precisamente il vario splendore delle stelle del cielo.

Varii metodi furono proposti a questo scopo. Il più ragionevole sembrò quello di adottare certe **stelle normali** di I, II, III ecc. grandezza e di confrontare le altre con queste. Ma per tali confronti, affinchè riescano più sicuri, sarebbe desiderabile di vedere le due stelle una accanto all'altra nel campo del telescopio, o almeno di passare col telescopio rapidamente dall'osservazione di una stella all'altra. Siccome però quest'ultimo non è possibile coi grandi strumenti, John Herschel, il primo che tentò di misurare la grandezza delle stelle con metodi più scientifici, metteva **due grandi riflessori** (I, n. 176) perfettamente uguali uno accanto all'altro, cosicchè i loro oculari fossero vicinissimi, mentre i telescopi erano diretti rispettivamente verso le due stelle. Passando rapidamente coll'occhio da un oculare all'altro, si poteva con una certa sicurezza giudicare, se le due stelle fossero uguali, ovvero disuguali. Nel caso di disuguaglianza si riduceva per mezzo di diaframmi l'apertura libera del telescopio, col quale era stata osservata la stella più brillante, riducendo così la quantità di luce condensata nel foco del cannocchiale, finchè le due stelle sembravano della medesima luminosità. Dalla proporzione delle due aperture si poteva poi calcolare la proporzione vera della luce dei due astri.

76. — Il metodo però era abbastanza penoso, ed i risultati per varie ragioni, facilmente da indovinarsi, rimanevano mal

Digitized by Google

sicuri. Un **metodo più semplice** usato dallo stesso Herschel consisteva in ciò, di riflettere per mezzo di un prisma la luce della Luna o del pianeta Giove nella direzione della visuale della stella da misurarsi, condensando la luce riflessa per mezzo di una lente in un punto luminoso, che veniva poi confrontato colla stella. Allontanando l'occhio dalla stella artificiale, questa appariva più debole, e la distanza richiesta, affinchè i due punti luminosi così osservati fossero uguali, serviva di base per le varie grandezze da assegnarsi alla stella (essendo noto che l'intensità della luce sta in ragione inversa del quadrato della distanza). Così per esempio confrontando (3 aprile 1836) al Capo di Buona Speranza successivamente la stella α della Croce australe ed α Centauri colla detta stella artificiale, Herschel trovò che l'uguaglianza nel primo caso era ottenuta ad una distanza tra l'occhio e la stella artificiale di 96 pollici (244 cm.), nel secondo alla distanza di 61 pollici (155 cm.); donde seguiva per la relativa grandezza o luminosità:

$$\alpha \text{ Crucis} : \alpha \text{ Centauri} = 61^2 : 91^2 = 0{,}404 : 1.$$

Prendendo come stella normale la detta stella α Centauri per le solite sei classi, varrebbero i numeri proporzionali seguenti:

0,500	0,172	0,086	0,051	0,034	0,024
I	II	III	IV	V	VI

77. — Un **apparato astrofotometrico** più perfetto del precedente fu costruito nel 1835 da Steinheil. Due prismi riflettenti, collocati davanti all'obbiettivo del telescopio riflettevano i raggi delle due stelle da confrontarsi direttamente nel telescopio, cosicchè si vedeva coll'oculare una accanto all'altra. Per rendere le due imagini focali di uguale intensità, l'obbiettivo era tagliato in due metà (come il noto eliometro, I, n. 192) le quali si potevano separatamente avvicinare all'oculare. Le due metà dell'obbiettivo formavano nel foco ciascuna una stella, queste stelle si trasformavano fuori del foco in due dischi triangolari (a cagione di diaframmi di tale forma) i quali spostando le metà dell'obbiettivo, si potevano rendere perfettamente uguali in quanto alla loro luminosità. Dallo spostamento a ciò richiesto si concludeva la differenza

Digitized by Google

della luce delle due stelle. Per le stelle di I, II, III grandezza l'apparato funzionava abbastanza bene; per le stelle più piccole però la sua forza ottica era troppo debole.

Art. II. — Il fotometro di Zöllner.

78. — Sarebbe cosa lunga e fuori di proposito se volessimo qui enumerare i molti altri tentativi di costruire un fotometro perfetto. Veniamo quindi immediatamente alla descrizione dell'apparato ora più generalmente adottato, cioè l'astrofotometro di Zöllner. La parte debole degli apparecchi precedenti è che la riduzione dell'apertura libera di un telescopio non dà una norma sicura per l'estinzione della luce di una stella. Zöllner divisò perciò un fotometro, nel quale l'obbiettivo del telescopio rimane inalterato; s'introduce invece lateralmente, per mezzo di una lampada, un fascetto di luce nell'interno del telescopio, il quale produce nel campo del medesimo accanto alla stella naturale da osservarsi una **stella artificiale**. Per mezzo di congegni ingegnosi che descriveremo subito, si può aumentare o ridurre la luce di questa stella artificiale in modo di renderla sensibilmente uguale a quella della stella di cui si vuol misurare l'intensità luminosa; la riduzione poi della luce artificiale si può controllare perfettamente.

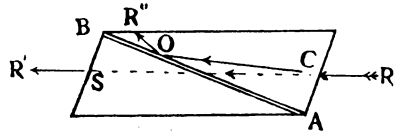


Fig. 38. Prisma di Nicol.

79. — I trattati di fisica, esponendo i principii della doppia rifrazione e della polarizzazione della luce, spiegano l'uso del **prisma di Nicol** (detto anche semplicemente nicol), che è composto di due pezzi di spato d'Islanda tagliati in modo particolare e connessi per mezzo del balsamo del Canadà. A B (Fig. 38) rappresenti le due facce così unite. Un raggio luminoso R C, entrando in C nell'interno dello spato, si divide a cagione della doppia rifrazione in due raggi di uguale luminosità, uno ordinario C O, l'altro straordinario C S. Il raggio ordinario subisce una riflessione totale sullo strato di balsamo nella direzione O R'' per essere assorbito in R'' dallo strato di nerofumo di cui sono coperti i lati del prisma; lo straordinario invece, avendo un

Digitized by Google

angolo d'incidenza diverso, attraversa il balsamo, uscendo come raggio polarizzato dal prisma nella direzione di S R'.

Se il raggio luminoso R C è un raggio di luce naturale non polarizzato, allora l'intensità del raggio S R' rimane inalterata col girare del nicol intorno all'asse centrale R C; se invece C R è un raggio di luce polarizzata, S R' cambia di intensità col girare del prisma; cioè ad ogni giro di 90° avremo alternativamente un massimo ed un minimo di luce, ossia oscurità completa. Basta quindi far passare il raggio per un secondo nicol per potere moderare a piacimento la sua intensità.

80. — Ed ecco come Zöllner ha utilizzato queste cose nel suo **astrofotometro** (Fig. 39). T rappresenti il telescopio di osservazione, il tubo del quale perforato lateralmente porta il tubo fotometrico F, che fa coll'asse ottico del telescopio un angolo retto. In questo tubo si trovano due nicol *n* ed *n'*, il primo fisso, il secondo girevole intorno all'asse del tubo; sopra un circolo graduato C si può leggere l'angolo del giro fatto. I raggi di un lume L, penetranti per un diaframma nell'interno del fotometro, avendo attraversato i due nicol, cadono sopra una lastra di vetro (che fa coi raggi incidenti un angolo di 45°), dalla quale vengono riflessi (divergenti) verso l'oculare O del telescopio. Si osserva così presso l'imagine focale della stella reale una seconda (virtuale) della stella artificiale, di cui si può controllare esattamente la grandezza e luminosità.[1]

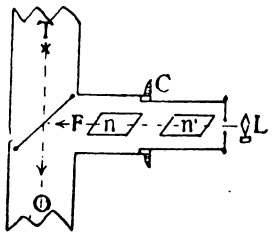


Fig. 39. Astrofotometro.

(1) Si producono in realtà due stelle artificiali, una più debole sulla faccia anteriore della lastra specchiante, l'altra un po' più chiara sulla posteriore. Con viti apposite si può mettere la stella naturale tra le due artificiali, avendo così un massimo e minimo di confronto. Di più, perforando il tubo del telescopio anche dalla parte opposta ad F nella direzione L F, si può ivi (secondo l'invenzione del prof. Ceraski, di Pulkowa) applicare un secondo oculare, mediante il quale si osservano due stelle naturali ed una artificiale. Le prime saranno qui molto più chiare, ma il confronto colle osservazioni fatte in O (tenendo conto della maggiore chiarezza) permette un controllo delle osservazioni fatte.

Digitized by Google

81. — Per utilizzare l'apparato anche per la distinzione dei varii colori delle stelle, Zöllner ha aggiunto un tubetto al suo fotometro (Fig. 40), munito di una lastra di quarzo Q di circa 5 mm. di grossezza ed un terzo nicol n''. Questo prolungamento del tubo gira indipendentemente da quello che porta il secondo nicol n' ed il suo giro fatto (in senso inverso) leggesi sul circolo graduato C' (sottraendolo da quello di C). Il giro di n'' colla lastra di quarzo produce secondo l'angolo percorso varii colori nelle stelle artificiali. In questo modo il fotometro diventa allo stesso tempo un **colorimetro**.

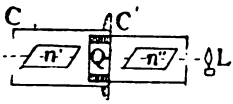


Fig. 40. Colorimetro.

82. — La figura 41 mostra l'insieme dell'apparato applicato all'equatoriale, del quale è rappresentato soltanto l'estremità oculare A col cercatore (I, n. 205). Il tubetto orizzontale *ke* è il fotometro testè descritto; ad esso mediante due spranghe verticali *a a*, e due viti di pressione *i i'*, è appeso il sostegno della lampada (a petrolio), la quale vedesi a destra, con un contrappeso *g* a sinistra; *c* e *c'* sono due vasi contenenti il petrolio che nutrisce **la lampada**, i quali stanno in comunicazione mediante il tubo orizzontale *b*, affinchè il consumo del petrolio non sturbi l'equilibrio. Un rubinetto *h* serve a vuotare questi vasi, se l'apparato non serve più. La fiamma del lume si controlla mediante la vite *d*; il caminetto metallico *f* (perforato in *e*) nasconde la fiamma.

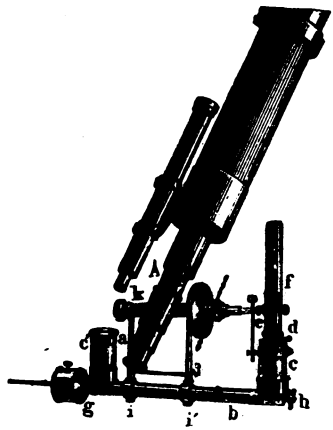


Fig. 41. Fotometro di Zöllner.

Una delle difficoltà che presenta questo apparato ingegnoso è di mantenere la fiamma del lume sempre costante. Per ottenere ciò più facilmente, il prof. Ceraski praticò nel caminetto della lampada presso *d*, cioè dalla parte opposta al diaframma *e* del fotometro, una piccola apertura con crocic-

Digitized by Google

chio, l'imagine del quale viene così proiettata sulla parete opposta. Un cambiamento dell'altezza o della intensità della fiamma s'indica allora da sè col cambiarsi della posizione o nettezza di questa croce proiettata.

ART. III. — LA FOTOGRAFIA APPLICATA ALLA FOTOMETRIA.

83. — I metodi fotometrici finora descritti permettono non soltanto la determinazione delle varie grandezze stellari con grande precisione, ma di assegnare ancora molti gradi tra l'una e l'altra grandezza: almeno rispetto alle stelle di I, II, III,... fino alla VIII o X grandezza. Per stelle più piccole ci vogliono altri mezzi e metodi. Ora la fotografia colla rispettiva **durata di posa,** necessaria per registrare queste stellette, dà un ottimo criterio per stimare con sicurezza la loro luminosità. L'esperienza mostra che la durata per l'impressione delle stelle di VIII grandezza, sta a quella necessaria per la riproduzione delle stelle di XVI grandezza come 1:6000. Si ha quindi una scala estesissima per valutare le varie grandezze contenute in questa serie di stellette.

Per le stelle più luminose, le quali nella frazione di un secondo imprimono la loro imagine sulla lastra sensibile, non si può adoperare lo stesso criterio. Per esse invece **la misura del diametro** delle imagini, che molte stelle nello stesso tempo di esposizione producono sopra la stessa lastra (ovvero su diverse lastre, ma della stessa sensibilità) serve di guida fotometrica.(1)

84. — È vero che **le grandezze** così ottenute sono piuttosto **fotografiche** che ottiche; ma non è difficile di trovare il rapporto costante che esiste tra le grandezze, determinate otticamente, e quelle risultanti dalla fotografia. Per eliminare poi l'errore che potrebbe provenire dalla diversa

(1) Le stelle più luminose, esposte oltre il tempo dovuto, si vedono talvolta circondate da una specie di aureola, simile agli aloni che talora incerchiano il Sole o la Luna. Questa aureola è dovuta alla riflessione (totale) dei raggi sulla superficie interna del vetro.

Una discussione estesa di tutte le difficoltà, connesse colla fotometria fotografica, trovasi nell'opera del dott. J. Scheiner (Potsdam): *Die Photographie der Gestirne* (Leipzig, 1897), pag. 210-257. A noi qui deve bastare di accennare semplicemente che, oltre le altre cause già riferite,

Digitized by Google

sensibilità delle lastre, gioverà di fotografare più volte le stesse stelle su più lastre.

Il colore diverso delle stelle potrebbe avere piuttosto un influsso nocivo sui metodi suindicati, essendo chiaro, che le stelle violette, azzurre e verdi si mostrano più efficaci nell'azione chimica, che non le gialle e rosse. Si noti però, che questa differenza di colori non è tanto rimarchevole, cosa provata dalla stessa fotografia, la quale colla sua registrazione imparziale ed oggettiva dimostra, quanto nelle descrizioni individuali sia in questo riguardo da ascriversi a impressioni soggettive, ovvero a cause accidentali, come sono lo stato atmosferico, l'altezza sull'orizzonte, le qualità degli strumenti impiegati ecc. Le stelle poi che sono evidentemente colorate, possono sottomettersi ad uno studio particolare, senza perciò rinunziare al metodo fotografico, basterà determinare la differenza di posa richiesta alla riproduzione fotografica dei varii colori.

85. — Applicando questi criterii alla carta fotografica del cielo (num. 17), si avrà con essa allo stesso tempo non soltanto le posizioni delle varie stelle, ma anche la loro grandezza, almeno con quella esattezza, quale suole essere quella dei cataloghi finora in uso. Per stimare meglio i varii diametri delle stellette fotografate, sotto il microscopio, il prof. Scheiner propone di accomodare nello stesso campo del telescopio una scala di confronto con tanti dischetti neri con diametri diversi corrispondenti ai diametri delle varie grandezze. Dove si richiede maggiore precisione, bisogna pure tener conto del colore, o meglio del tipo spettrale delle stelle, del quale tratteremo più sotto. Il massimo dell'intensità dei raggi attinici comincia presso la riga G di Fraunhofer (num. 38); conseguentemente stelle con luce di onde maggiori richiedono più tempo per fare impressione sulla lastra sensibile.

l'agitazione dell'aria, la quale colla rifrazione oscillante sposta lo stesso piano focale del telescopio, l'estinzione dei raggi dell'atmosfera, la deformazione delle imagini fuori dell'asse ottico del cannocchiale, il difettoso collocamento della lastra sensibile, la cessante azione dei raggi chimici nelle particole già scomposte e simili cause influiscono nella formazione dei dischetti stellari. La causa principale del crescente diametro di questi dischetti colla durata della posa sembra doversi ricercare nella riflessione della luce sulle particelle del bromuro d'argento sospese nella gelatina.

Digitized by Google

PARTE SECONDA

FISICA TERRESTRE, LUNARE, SOLARE

CAPITOLO I.

COSTITUZIONE DELLA TERRA.

86. — Il sistema celeste più accessibile alle nostre ricerche astrofisiche è senza dubbio il **sistema planetario**, cioè il sistema dei pianeti, primari o secondari, che circondano il Sole. A questo appartengono in prima linea i grandi pianeti Mercurio (☿), Venere (♀), Terra (♁), Marte (♂), Giove (♃), Saturno (♄), Urano (♅), Nettuno (♆). Fra Marte e Giove si trova il grande anello di più di cinquecento pianetini, i quali compiono, come gli anzidetti pianeti principali, le loro orbite ellittiche intorno all'astro centrale, il Sole (I, n. 594). Siccome poi la Terra ha il suo pianeta secondario, la Luna, così la maggior parte degli altri pianeti primarii hanno i loro satelliti, i quali con giri epicicloidali (I, n. 342) corrono intorno ai medesimi, mentre questi si trasportano intorno al Sole (I, n. 410).

I corpi che in primo luogo eccitano la nostra attenzione in tutto questo sistema solare, sono il gigantesco astro centrale, il Sole; la fedele pedissequa della Terra, la Luna; e poi il pianeta stesso, sopra il quale noi ci troviamo, la Terra. **Il Sole** merita una considerazione particolare a cagione della sua grandezza e della posizione centrale e dell'influsso moltiforme che esercita sopra tutto il sistema ed in modo speciale sopra il nostro benessere; **la Luna**, vincolata al nostro pianeta, si rende da sè più cospicua e più facilmente osservabile tra il resto dei pianeti anche primarii per la grande vicinanza; **la Terra** finalmente merita in un modo tutto speciale uno studio più minuto, imperocchè sopra di essa abbiamo la nostra dimora. La Terra forma, per così dire, il gabinetto ed il

Digitized by Google

laboratorio dell'Astrofisico, dove questo da vicino e con disposizioni particolari, in gran parte libere ed arbitrarie, può studiare le forze che governano l'universo, la costituzione degli stessi corpi celesti. Anzi per procedere più sicuramente e più logicamente dal più conosciuto all' indagine del meno conosciuto, la Fisica terrestre formerà il primo capo delle nostre ricerche.

87. — Questo studio del nostro globo è ben diverso da quello che suol chiamarsi Cosmografia, Geografia matematica, ovvero semplicemente Geografia.[1] Mentre queste scienze descrivono in generale ed in particolare le grandi linee del nostro globo terraqueo, disegnando dipoi i luoghi individuali della superficie terrestre colle particolarità che interessano piuttosto i viaggiatori, commercianti, gli uomini politici, gli studenti della storia e delle scienze naturali in genere, **la Geofisica** ha per oggetto le leggi fisiche che governarono (e governano ancora) lo sviluppo interno ed esterno del nostro globo; essa studia i fenomeni che produssero i vari aspetti della configurazione superficiale, il raggruppamento e la distribuzione delle varie masse, che lo compongono. Lo studio della Fisica terrestre, posando sui principii della gravitazione universale (I, n. 395), fa le sue ricerche intorno alle forze particolari, non meno gigantesche, che regolano i cambiamenti superficiali ed interni del nostro pianeta. Essa compendia in sè tutto quello che viene altrove e più minutamente esposto in vari trattati particolari, dei quali la meteorologia considera i fenomeni della nostra atmosfera, la climatologia studia l'influsso di questi sulle varie latitudini del nostro globo, la geologia cerca di rintracciare la storia del medesimo globo terrestre.

88. — **I primordi** di questi studi geofisici si trovano sparsi negli scritti di Aristotele,[2] Seneca,[3] Plinio,[4] Plu-

(1) Dalla parola greca γῆ ovvero γεία (*Terra*), composta con le varie parole φύσις (*natura*), λόγος (*discorso*), γραφή (*scrittura*), γονεία (*genitura*), γνῶσις (*scienza*) ecc., sono derivati i termini tecnici *geofisica, geologia, geografia, geogonia, geognosia*, ecc.

(2) Aristoteles (secolo IV av. Cr.): *De coelo* libri 4, *Meteorologicorum* l. 4. *De mundo*, cf. I, num. 325.

(3) Seneca († 65 d. Cr.): *Naturales quaestiones* (lib. III, VI).

(4) Plinius († 79 d. Cr.): *Historia naturalis.*

Digitized by Google

tarco,[1] Tolomeo,[2] ed altri rappresentanti meno conosciuti dell'antichità. Le stesse misure delle varie dimensioni della Terra, già fatte da un Eratostene, Posidonio e dagli Arabi del medio evo (I, n. 293), formano una continuazione delle ricerche anteriori sulla fisica terrestre. Esse furono ampliate dai grandi dottori del secolo decimoterzo, da un Alberto Magno[3] e Ruggero Bacone.[4] Le opere di Galileo, Keplero, Newton e dei loro contemporanei, aprirono nuovi orizzonti agli studi sulla costituzione del nostro globo.[5] I padri Riccioli[6] e Kircher[7] pubblicarono già trattati speciali su varie questioni geofisiche. Era però riservato al secolo XIX, specialmente dietro il grande progresso fatto nelle varie scienze naturali, di sviluppare anche questo ramo interessantissimo in un modo tale, che non possiamo fare a meno di inserirne qui un breve compendio, nel quale si troveranno citati nei luoghi rispettivi gli autori più moderni benemeriti di questo sviluppo.

ART. I. — ASPETTO ESTERNO DEL NOSTRO PIANETA.

89. — Keplero lasciò un manoscritto, edito dal figlio Ludovico dopo la morte del padre, col titolo *Somnium, seu de Astronomia lunari*,[8] nel quale, tra altre cose, egli finge un osservatore collocato nella Luna, il quale contempli la lontana Terra. Il libro che dal titolo e dal modo di trattare la materia, potrebbe sembrare una mera dilettevole fantasia, nondimeno contiene delle speculazioni molto scientifiche. L'autore, volendo dare un'applicazione del sistema copernicano, mostra come coll'aiuto del medesimo è possibile all'astronomo di traspor-

(1) PLUTARCHUS († 120 d. Cr.): *De facie in orbe Lunae.*
(2) CL. PTOLEMAEUS (sec. II d. Cr.): *Geographia*, libri 8. cf. I, num. 16.
(3) ALBERTUS MAGNUS († 1280): *Liber geographicus de natura locorum.*
(4) RUGERUS BACO († 1294): *Opus maius* ecc.
(5) Vedi I, num. 368 sgg.
(6) IO. BAPT. RICCIOLUS S. I.: *Geographia et hydrographia.* Bononiae 1661. Cf. sopra num. 2.
(7) ATHAN. KIRCHER S. I.: *Mundus subterraneus*, Amstelod., 1664. *Magnes*, ecc., Romae, 1641.
(8) *Opus posthumum*, Francofurti, 1634. Cf. FRISCH Kepl. opera VIII. Vedi I, num. 368 nota.

Digitized by Google

tarsi, almeno coll'astrazione della mente e coll'aiuto dei calcoli astromeccanici, ad un astro qualunque, per contemplare di là l'andamento e l'apparenza della Terra, entrata nel novero dei pianeti, che girano intorno al Sole. (1)

L'aspetto della Terra dovrebbe essere singolarmente grazioso, se l'osservatore si trovasse in un punto centrale della superficie lunare, a noi visibile, avendo la Terra al suo zenit. Al tempo del novilunio egli vedrebbe un disco, con un diametro apparente circa quattro volte più grande di quello della Luna (veduta dalla Terra), il quale, a cagione della mancante rotazione (relativa) lunare (I, n. 488), rimarrebbe sempre presso lo zenit, spandendo (a modo di grandioso lampadario) una quantità tale di luce solare sopra la notturna Luna, che l'osservatore, se la Luna fosse circondata da un'atmosfera, stenterebbe di vedere le stelle di terza grandezza. Per la mancanza di cotale atmosfera assorbente, le stelle anch'esse brillano più luminosamente, cosicchè l'aspetto del cielo stellato sarà poco differente da quello veduto dalla Terra; anzi per la piccolezza della parallasse stellare (I, n. 433), le costellazioni sembrerebbero del tutto identiche. Quello che richiamerebbe più vivamente l'idea di un grande lampadario, sarebbero le lenti e maestose oscillazioni del luminare terrestre ora verso est, ora verso ovest, a cagione della cosidetta librazione della Luna (da spiegarsi nel seguente capitolo).

90. — L'**apparenza della Terra** veduta dalla Luna (Fig. 42) sarebbe quella di un disco assai luminoso, coperto di molte macchie. Queste, benchè in generale somiglianti alle macchie, che noi vediamo nella Luna, sarebbero però soggette a molti cambiamenti. L'osservazione di una notte sola basterebbe a provare la rotazione del nostro pianeta (I, n. 413) per la quale le macchie caratteristiche equatoriali si sposterebbero nello spazio di 12 ore da un lembo all'altro, mentre quelle polari (più bianche delle altre) resterebbero sensibilmente allo stesso posto.

(1) Simili considerazioni, fatte da molti altri (Dante, Kircher, Hervas y Panduro S. I.), non hanno niente da fare colla supposizione, che i rispettivi corpi celesti siano veramente abitati; questione, alla quale noi ritorneremo più sotto.

Digitized by Google

Le due figure (ideali) qui riprodotte mostrano la grande variazione dell'aspetto, cagionata inoltre dalla posizione diversa della Luna, secondo che questa ha la sua massima latitudine boreale od australe, e secondochè l'emisfero dei grandi continenti (a sinistra) o quello dei grandi oceani (a destra) è voltato verso di essa. La rotazione produce una grande variazione dell'apparente luminosità del nostro globo; essendochè gli oceani appariscono come macchie oscure, mentre i continenti e specialmente le regioni e le montagne coperte di neve brillano con luce più viva.[1] Variazioni accidentali non poche sarebbero però prodotte dall'involucro atmosferico, ora più, ora meno trasparente; anzi la stessa variazione delle stagioni coi cambiamenti di vegetazione produrrebbe coloriti diversi nei vari climi.

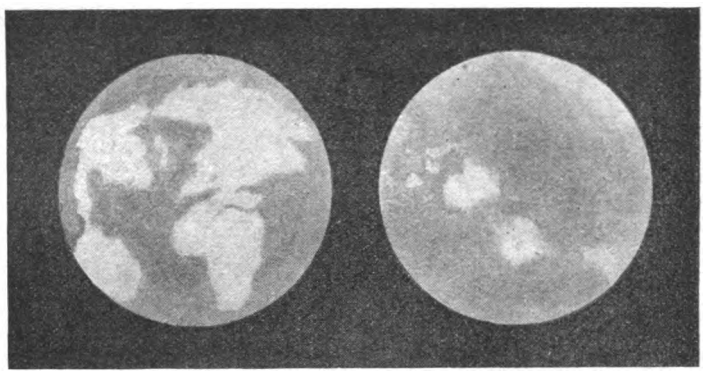


Fig. 42. La Terra veduta dalla Luna.

91. — L'**atmosfera terrestre**, dove è ben chiara, limpida e trasparente, permetterà all'osservatore lunare, specialmente se dotato di uno dei nostri più grandi cannocchiali (I, n. 183), di studiare le varie configurazioni del nostro pianeta. Egli riuscirebbe a distinguere bene le nostre grandi città; anzi i

(1) Che i mari della Terra apparirebbero veramente più oscuri dei continenti viene confermato dall'osservazione, che i laghi delle Alpi prendono un aspetto tanto più oscuro, quanto l'osservatore si alza più sopra i livelli dei medesimi, cosicchè veduti dalla cima delle alte montagne hanno un'apparenza perfettamente nera in confronto delle rupi circostanti.

Digitized by Google

monumenti più grandiosi (come il tempio di San Pietro in Roma) si presenterebbero come punti abbastanza distinguibili dal resto. Quando invece l'atmosfera s'intorbida, quando dense nuvole non permettono allo sguardo dell'osservatore lontano di penetrare alla superficie dell'astro terrestre, il suo occhio sarà abbagliato tanto più dalla luce vivissima solare riverberata da quegli ammassi di nuvole. L'aspetto sarà il rovescio di quello, che noi facilmente immagineremo, ingannati dalla esperienza fatta sulla Terra. Le giornate per noi più fosche e prive di sole, apparirebbero al detto osservatore le più splendide; e quale sarebbe la sua meraviglia se, cessato il riverbero straordinario, egli vedesse ritornare i contorni conosciuti dei continenti, ma rivestiti di una veste splendida e nuova, specialmente nelle regioni delle alte latitudini dopo una grande nevicata.

La stessa vegetazione, che, secondo il **cambiamento delle stagioni**, presenta aspetti così vari e ciò sopra aree estesissime, conferirebbe non poco ad alterare il colorito del nostro pianeta veduto dagli spazi interplanetarii.

92. — Avendo l'orbita lunare un'inclinazione abbastanza forte, di $28^{g},5$ gradi, rispetto all'equatore della Terra, il nostro osservatore si vedrebbe ora abbastanza elevato al disopra di questo piano per ammirare il polo nord della Terra, circondato da un'ampia regione bianca, per godere poi lo stesso spettacolo dopo un intervallo di un mezzo mese relativamente al polo sud. Attraversando nel suo viaggio mensile intorno alla Terra lo stesso piano equatoriale, appena scorgerebbe ad occhio nudo la differenza dei diametri apparenti terrestri, quello polare cioè, e quello equatoriale, essendo la **depressione ai poli** (1 : 299; I, n. 306) troppo minuta per poter essere stimata senza l'aiuto del micrometro. Lo stesso dicasi delle alte montagne, le quali, ad onta della grande elevazione (fino a 10 km.) al disopra del livello dei mari, appena formerebbero un'irregolarità apprezzabile nel contorno del disco apparente, essendochè il rapporto di detta elevazione al diametro non arriva neppure ad un millesimo; cioè a quella di un millimetro sopra un globo del diametro di un metro.

93. — Bello però sarebbe lo spettacolo delle **fasi della Terra** illuminata dal Sole. Vedute dalla Luna, queste mostre-

Digitized by Google

rebbero una successione del tutto somigliante a quella da noi osservata rispetto alla Luna (I, n. 487), con questa differenza però, che mentre sulla Terra vediamo la *Luna piena*, un osservatore sulla Luna avrebbe *Terra nuova*, e viceversa, mentre noi vediamo un *Novilunio*, quello vedrebbe una *Terra piena*, ecc. La successione di queste fasi della Terra darebbe una divisione naturale del lungo giorno lunare, mentre la successione delle macchie terrestri, a cagione della rotazione di questa, farebbe le veci di un grande orologio celeste. Tutto questo, come vedesi, non è un mero giuoco di fantasia, ma una logica applicazione dei principii astrometrici ed astromeccanici, dimostrati nel primo volume dei nostri Elementi, la quale applicazione serve mirabilmente a rendersi familiari quei principii, e servirà inoltre nei capitoli seguenti a trarre legittime conseguenze dalle cose che noi osserviamo sulla Terra rispetto agli altri corpi celesti.[1]

94. — Ora che la Terra, grazie ai viaggiatori, cosmografi e geografi, è così bene conosciuta, in quanto alla sua struttura superficiale, basta uno sguardo ad un Globo artificiale, per formarsi una idea ben netta della varia **distribuzione dei mari e continenti.**[2] Due terzi incirca dell'intera superficie sono coperti di acqua (cfr. fig. 42, pag. 74), che dividesi nei cinque grandi bacini principali ossia oceani: il Glaciale artico, l'Atlantico, l'Indiano, il Pacifico ed il Glaciale antartico. I continenti mostrano un raggruppamento svariatissimo: mentre il vecchio continente asiatico-europeo, al quale tutta l'Africa forma una specie di appendice, si stende da est verso ovest, il nuovo, americano, occupa una posizione piuttosto meridionale, correndo dal nord verso sud, come una barriera trasversale, che

(1) Cf. *Kepleri op. omn.* VIII, 36. L. GÜNTHER (*Keplers Traum vom Monde*. Leipzig, 1898, pag. 111) commentando l'opera citata crede di poter concludere da simili riflessioni, che la Luna doveva essere una volta veramente abitata; la legittimità però di tale conclusione non apparisce.

(2) Un globo di dimensioni colossali figurava all'esposizione di Parigi del 1889. Il diametro di metri 12,73 rappresentava esattamente un milionesimo del diametro della Terra, cosicchè l'estensione di un kilometro sulla medesima, era rappresentata da quella di un millimetro sul globo artificiale. Le montagne più alte non si alzarono quindi nemmeno un cm. al disopra del livello comune dei mari. Cf. *La Nature*. Paris, 1889, II, 41.

Digitized by Google

produce poi nei mari stessi delle correnti complicatissime. L'Australia sola, come una grande isola, interrompe la vastità dell'oceano australe.

A questa varietà nel senso orizzontale si aggiunga quella nel senso verticale. Mentre i livelli del mare formano una superficie globulare del tutto liscia, le più alte prominenze dei continenti si alzano fino ad un'altezza di 9 km. incirca, ed a queste grandiose altezze dell'Imalaya, delle Ande, come alle minori delle Alpi, del Caucaso e dei Pirenei, ecc., corrispondono profondità corrispondenti nei grandi oceani. Tutte queste ineguaglianze della superficie solida del nostro pianeta, in sè così enormi, scompaiono però, come fu già indicato, in confronto al diametro di tutto il globo gigantesco della Terra.

95. — L'inviluppo atmosferico colle sue vicende meteorologiche, insieme coll'azione molteplice del Sole e della Luna (I, n. 383), si manifesta abbastanza come potente modificatore della superficie terrestre.

L'**aria** coi continui cambiamenti di temperatura, di densità, di stato igrometrico, si rende veicolo dei venti, delle tempeste, trombe, dei turbini, uragani, cicloni, i quali talvolta devastano contrade intere. L'**acqua** – precipitando dalle nubi, empiendo i fiumi e le grandi vallate, spianandole colle onde spumanti, formando quei grandi burroni, che si osservano negli altipiani, pervadendo le arterie della terra, ed accumulandosi finalmente nei mari per evaporare di nuovo e ricominciare il lavoro secolare – ancora oggidì si mostra capace di operare non piccole trasformazioni nei vari continenti del nostro pianeta.

Questi ed altri simili agenti da esaminare negli articoli seguenti, dai tempi preistorici fino ai giorni nostri, continuarono e continuano il loro lavorìo a cambiare, se non le grandi linee dei paesi già formati, almeno l'aspetto particolare di certi tratti della superficie terrestre.

Cominciamo coll'esame di fatti abbastanza notorii.

Art. II. — Calore interno del globo terrestre.

96. — La depressione polare della Terra, comprovata dalle varie misure dei gradi terrestri (I, n. 302), conseguenza della rotazione diurna (I, n. 424), fa supporre, che il globo terre-

Digitized by Google

stre non sia, o almeno non fosse sempre un globo del tutto rigido e solido.

Le cavità profonde, praticate nell'interno della crosta, rendono evidente il fatto, che il nostro pianeta contiene nel suo interno una grande quantità di calorico, atta a liquefare fino ad una certa distanza dalla superficie tutta la massa interna, anche le rocce più dure. Si trova in media un accrescimento di 1° di temperatura per ogni 30 metri di profondità, cioè in numero tondo di 3° per ogni 100 metri, 30° per un chilometro, che darebbe alla profondità di 10 km. 300°, alla profondità di 20 km. una temperatura di 600°, alla quale la maggior parte dei corpi che compongono la crosta terrestre si trovano in **istato di fusione perfetta**,[1] cosa abbastanza comprovata dalle materie ignee, che di tempo in tempo si sprigionano dalle bocche dei vulcani.

97. — Questo calore interno del globo terrestre non può essere spiegato coll'**influsso del calore solare**, quantunque questo rappresenti l'unica causa sensibile esterna di un accrescimento di calorico. Il calore ricevuto dalla radiazione del Sole non altera il calore interno della Terra, se non fino ad una certa profondità, dove la temperatura rimane costante per tutto l'anno, ad onta delle grandi variazioni esterne, prodotte dal cambiamento delle stagioni. E questa profondità, dove la temperatura rimane costante, non è mica grande; anzi dalle osservazioni fatte in luoghi molto diversi, si può dire, che le differenze diurne di temperatura, generalmente parlando, già cessano alla distanza di un metro dalla superficie; le mensili a 2 metri, le annue a 30 metri; dimodochè a questa ultima profondità non si sente più la differenza tra l'estate e l'inverno. Queste misure vengono però non poco modificate dall'ampiezza della variazione esterna; saranno quindi minori all'Equatore, maggiori nelle latitudini più alte.

98. — Lo spazio interplanetario, anzi le stesse re-

(1) Supponendo costante il detto incremento di temperatura fino al centro della Terra, si arriverebbe alla temperatura quasi incredibile di 200 000 gradi, alla quale certamente nissun corpo terrestre, neanche il più duro, potrebbe resistere. Le nostre deduzioni però sono indipendenti dall'ipotesi d'un incremento costante.

Digitized by Google

gioni più alte della nostra atmosfera hanno una temperatura molto bassa. L'aria si riscalda non tanto per il passaggio diretto dei raggi solari, quanto per il riverbero del calore ricevuto dalla Terra stessa. Benchè poi l'aria così riscaldata si sollevi continuamente in alto, ciononostante allo stesso tempo, liberata dal peso dell'atmosfera sovrastante, si dilata, e per il lavoro eseguito in questa espansione, si raffredda di nuovo. Così si spiega il fatto, osservato nell' ascensione sopra alte montagne come nei palloni aerostatici, che la **temperatura dell'aria** si abbassa in media di circa un grado coll' elevazione di ogni 200 metri al disopra del livello del mare, dimodochè anche nelle regioni tropicali si arriva presto ad una temperatura sotto zero, la quale poi all'altezza di 15 km. (la più alta finora controllata) scende già a circa 60° sotto zero; donde si conclude meritamente che negli spazi ultraplanetari la temperatura non sarà molto diversa dallo zero assoluto (— 273°). Quel poco poi del calore solare che l'atmosfera nostra assorbe di giorno, restituisce quasi interamente durante la notte allo spazio esterno circostante, cosicchè per spiegare il calore immagazzinato nell' interno della Terra, si deve necessariamente ricorrere a qualche altra spiegazione fuor del calore ricevuto dal Sole.

99. — Tutto si spiega in modo assai facile e naturale colla supposizione che **la Terra**, la quale ora sotto una corteccia solida rinchiude nell'interno materia incandescente liquida o anche gassosa, una volta sia stata **del tutto incandescente** ed in istato vaporoso e quindi di una estensione molto maggiore. Questa massa girante intorno ad un asse proprio, dovette necessariamente, a misura della velocità di rotazione, prendere quella figura sferoidale, depressa ai poli, che mostra ancora oggidì ad onta della consolidazione della crosta esterna.

In quelle epoche remotissime molte migliaia e forse milioni di anni prima dell' êra storica, il nostro pianeta, dotato di luce propria, splendeva probabilmente come una stella del firmamento. L'irradiazione però del calore terrestre nello spazio circostante, producendo un raffreddamento successivo di tutta la massa terrestre, almeno nella parte più superficiale ed esterna, cagionò allo stesso tempo una progres-

Digitized by Google

siva contrazione del suo volume e conseguentemente anche un'accelerazione della rotazione diurna.(1)

L'alto grado d'incandescenza forse una volta impediva qualunque combinazione chimica degli elementi, tenendoli tutti segregati ed in uno stato di sconvolgimento caotico. La separazione tra terraferma e mari, tra globo terrestre ed atmosfera terrestre, non esisteva ancora.

100. — Il **raffreddamento** dell' involucro più superficiale di questa massa terrestre ad onta del parziale compenso, causato dalla contrazione, coll'andare dei secoli finalmente arrivò ad un grado, che gli elementi cominciarono a combinarsi. Questa combinazione chimica, producendo di nuovo calorico, e generando così un nuovo compenso per il calore, ceduto allo spazio circostante, conferì a mantenere di nuovo per lunghi periodi lo stato gassoso di tutta la massa. Di più, le masse esterne condensate, precipitando per il maggiore peso specifico verso l'interno, ed ivi tosto incontrando una temperatura molto più elevata, si scioglievano di nuovo con forti esplosioni, tenendo così anche gli strati più esterni in uno stato di sconvolgimento tale, che i nostri temporali ed uragani più violenti in comparazione del medesimo sembrerebbero semplici esperimenti di gabinetto.

Per quanto lungo sia stato il tempo da assegnarsi a questo periodo del nostro globo, non v'ha dubbio che la continua cessione di calore, con compensazione soltanto parziale, dovette finalmente ridurre la temperatura degli strati esteriori ad un grado tale di raffreddamento, che le parti condensate acquistarono una consistenza più duratura. **Dense nuvole** di vapori cominciarono a formare della stella terrestre, che già da qualche tempo risplendeva di una luce più cupa e rossiccia, una stella variabile.

101. — Tra i vapori condensati che s'immergevano negli strati sottostanti, quelli relativamente più leggeri, come lo stesso vapor d'acqua, obbedivano più facilmente all' accennato moto di iterata caduta e nuova evaporazione. Non così i va-

(1) Questo segue semplicemente dalla legge Kepleriana delle aree (I, num. 373); il periodo primitivo della rotazione terrestre doveva conseguentemente essere abbastanza breve.

Digitized by Google

pori delle sostanze minerali, che attualmente formano il materiale della parte più superficiale della crosta terrestre. È un fatto, che queste rocce, generalmente parlando, mostrano un peso specifico (3) più leggero di quello della densità media della Terra (5,6, cfr. n. 170). Da ciò segue che le masse più centrali del nostro globo terraqueo devono essere più dense e più pesanti, senza che ciò supponga lo stato di liquefazione o solidità (nel senso ordinario di questi termini tecnici); imperciocchè trovandosi quelle sostanze ad una temperatura più alta della cosidetta **temperatura critica**, nessuna pressione è capace di liquefarle, molto meno di solidificarle.(1) Possiamo quindi immaginare nell'interno della Terra (fino al centro della medesima) delle masse gassose talmente condensate, sotto la pressione di migliaia di atmosfere, che nell'apparenza esterna sembrino sostanze solide (come cera, pece, ecc.), ma in quanto alla forza escursiva degli atomi ritengano tutte le qualità dei gas perfetti; cioè liberate dalla pressione, empirebbero con forza esplosiva qualunque spazio libero.

102. — Di più si noti che non tutti i corpi passanti dallo stato liquido a quello solido, con ciò diventano più pesanti. Un esempio notissimo abbiamo nella solidificazione dell'acqua, cosa che prova, che il volume dell'acqua cresce colla solidificazione. Tutte le sostanze poi, le quali (come la maggior parte dei metalli) dopo simile passaggio mostrano un peso specifico minore, colla sola pressione crescente non acquistano una maggiore densità, ma piuttosto si liquefanno di nuovo. Viceversa tutte le sostanze minerali, le quali (come la maggior parte delle rocce) diminuiscono di volume nel passaggio dallo stato liquido a quello solido, e conseguentemente s'immergono nel proprio liquido, possono essere ridotte a questo stato solido colla sola pressione aumentata. Da questi fatti sperimentalmente comprovati segue, che ad una certa profondità nell'interno della massa caotica terrestre, un (accidentale) aumento della pressione, permettendolo il grado di

(1) Questa *temperatura critica* per certe sostanze non è molto elevata; per l'acqua è di gradi 365, per l'etere di 192 ecc. Le temperature ordinarie già superano di molto quella dell'aria, idrogene, ecc. donde queste sostanze per lungo tempo furono credute e chiamate *gas permanenti*, cioè irreducibili allo stato liquido.

Digitized by Google

temperatura, può produrre effetti contrari nelle masse metalliche e rocciose, cosicchè quest'ultime siano finalmente solidificate e rese vieppiù compatte, mentre le prime, mantenute liquide ma di maggiore peso specifico, sopportano le medesime e s'infiltrano in esse.

103. — Premesse queste considerazioni generali, non sarà più difficile di concepire, come la massa caotica terrestre, già circondata da dense nuvole, perdendo esteriormente sempre più del suo calore e quindi restringendosi sempre più, arrivò finalmente negli strati suoi più superficiali ad una temperatura così bassa, che le sostanze più adattate a condensarsi, cominciarono a precipitarsi con pioggie incessanti sugli strati inferiori più densi, ma di temperatura più elevata, nei quali restarono sospesi, evaporando poi in gran parte di nuovo. Anche qui però la temperatura, scemando sempre più, permise finalmente non soltanto la permanenza dello stato liquido di quelle precipitazioni atmosferiche, sostenute dai gas di alta pressione, ma eziandio il passaggio di quelle sostanze allo stato solido.

Scorie galleggianti sui liquidi più densi, ed immergentisi nei liquidi meno densi, formavano i primi elementi di una corteccia solida della Terra. Benchè questi da principio per gli sconvolgimenti colle masse circostanti, di temperatura più elevata, ordinariamente si scioglievano di nuovo, nondimeno venne il tempo, nel quale con maggiore persistenza duravano, dando alla Terra, veduta dal di fuori, l'aspetto di una stella poco luminosa, coperta di macchie oscure, più o meno permanenti. Le stesse scorie, formando una specie di parafuoco per i vapori sovrastanti contro il calore delle masse centrali, favorivano la formazione di nuvole sopra di esse, le quali essendo naturalmente più estese presentavano ad un osservatore lontano l'aspetto di penombre, circondanti i nuclei più oscuri delle scorie sottostanti.

104. — Molti secoli senza dubbio passarono, prima che le dette scorie si unissero in una massa compatta per formare una **corteccia continua** intorno alla Terra. Diventando però col progressivo raffreddamento sempre più generale la produzione delle medesime scorie, queste, anche sprofondandosi nelle masse ancora liquide sottostanti, ma trovando ivi (a cagione della figura globulare della Terra uno spazio sempre più ristretto), finalmente si arrestarono vicendevolmente, for-

Digitized by Google

mando così la prima ossatura e quasi lo scheletro della crosta terrestre. Questo però non avvenne senza spostamenti considerevoli, senza collisioni tremende, le quali non rare volte misero in frantumi e cambiarono del tutto l'aspetto e la forma esterna di quelle isole galleggianti primitive e di quei continenti primordiali, che dovevano essere le pietre fondamentali di costruzioni più sode e più permanenti. È facile imaginare come le forze elementari interne del nostro globo, sentendosi imprigionate e ristrette in spazi più angusti, talvolta prorompessero con esplosioni strepitosissime, lacerando di nuovo la corteccia già formata e mettendo sottosopra i frantumi di essa. Ma la corazza perforata si rifece da sè, acquistando sempre maggiore robustezza contro simili assalti, cosicchè le dette esplosioni, diventate sempre più rare, finalmente si confinassero a certi punti più deboli, i quali come valvole di sicurezza si aprivano di tempo in tempo per dare sfogo alle masse interne prorompenti.

105. — Chiudendosi così la comunicazione tra le masse liquide e gassose interne incandescenti e quelle più leggere e più raffreddate esterne, la Terra diventò un **corpo celeste oscuro**, circondato da un'atmosfera poco trasparente, satura di vapori di ogni specie, ma specialmente di vapor d'acqua. La reazione interna che finora avea piuttosto rallentata la formazione della crosta solida, oramai colle sue eruzioni sporadiche conferì vieppiù alla consolidazione della stessa corteccia terrestre a cagione dell'indurimento delle masse vomitate. Il raffreddamento dell'atmosfera, ora isolata e senza comunicazione diretta col nucleo terrestre incandescente, poteva farsi sopra scala più gigantesca. I vapori si precipitarono in copia enorme sulla superficie solida riempiendo tutte le depressioni della medesima ed involvendola quasi interamente in **un mare grandioso e sterminato**, lasciando soltanto poche isole visibili; le quali, a cagione della flessibilità della crosta e della violenza delle onde, apparivano e scomparivano di nuovo, ora qua ora là, senza legge apparente e quasi a capriccio.(1)

(1) « *Terra autem erat inanis et vacua et tenebrae erant super faciem abyssi: et Spiritus Dei ferebatur super aquas* », dice brevemente la Sacra Scrittura (*Gen.* I, 2). Tutto il processo previo, da noi descritto finora,

Digitized by Google

106. — I vari processi finora descritti potrebbero a taluno sembrare una cosa fantastica poco fondata sulla realtà. Si rifletta però, che tutti questi stadi descritti si trovano ancora oggidì (come vedremo più sotto) rappresentati sui vari corpi celesti, che tutti quei processi si fondano sopra le leggi fisiche e chimiche della natura sempre controllabili, che finalmente i risultati dello sviluppo (i quali formeranno l'oggetto dei seguenti capitoli), combinano perfettamente colle vedute della nostra teoria, rendendo con ciò testimonio indubitato, se non dell'assoluta verità, almeno della massima probabilità e verosimiglianza delle medesime.

Vero è che la crosta terrestre oramai ha acquistata una spessezza tale che rende difficile di penetrare fino alle fondamenta della medesima. Dal detto però è chiaro, che **le prime rocce** formate dovevano esser di materiali difficilmente fusibili ed allo stesso tempo di piccolo peso specifico, quali sono per esempio le varie forme del gneiss. Ora questo forma appunto la roccia fondamentale dei terreni più antichi, che dal **gneiss fondamentale** per modificazione di struttura passa da una parte a schisti cristallini micacei,

anzi lo sviluppo anteriore di tutto l'universo creato, trovasi compendiato nelle parole monumentali precedenti: « *In principio creavit Deus coelum et terram* ».

In quanto ai vari modi di conciliare il testo mosaico colle teorie cosmogoniche moderne, è di somma importanza il ricordare, che non era l'intenzione degli scrittori sacri di dare teoriche di scienze naturali, nè l'intenzione di Dio di ispirare quelle cognizioni, ma di inculcare ai fedeli, che tutto il creato è opera della mano d'un Dio onnipotente, il quale però, stabilite le leggi generali della natura, lascia alle cause seconde l'ulteriore sviluppo dell'opera sua. La dipendenza però di queste cause secondarie dalla Causa prima viene similmente indicata dal modo di dire: *Dixit autem Deus*, ecc. (Cf. I, num. 350).

Il cosidetto *Esaemeron* (ἑξ = *sei*, ἡμέρα = *giorno*), ossia la creazione in sei giorni, descritta da Mosè nel primo capo del libro *Genesi*, non suppone necessariamente (come già espose sant'Agostino) un periodo di sei giorni naturali ossia di sei volte 24 ore, ma con quella frase potrebbero similmeute essere indicati periodi di molti anni e se fosse necessario anche di molti secoli. Questa dottrina del grande dottore della Chiesa non è stata mai riprovata, anzi ha guadagnato sempre più aderenti tra gli stessi esegeti cattolici, cosicchè oggidì possa dirsi sentenza comune. Donde si vede, che non c'è pericolo che la scienza venga qui in conflitto colla rivelazione.

Digitized by Google

dall'altra a rocce granitiche. La zona dei gneiss fondamentali nel Canadà per esempio, raggiunge uno spessore di circa 10 km.

Non è però necessario di concepire il passaggio dalla corteccia dura della Terra alla parte liquida e da quella alla gassosa sottostante come un transito repentino e subitaneo. E ciò per le ragioni già accennate delle qualità anormali dei liquidi e vapori incandescenti sotto temperature elevatissime e quindi *permanenti* ad onta dell'enorme pressione della massa sovrapposta. Ma ciò non impediva, specialmente in quei primi tempi una grande **mobilità della crosta terrestre primitiva**, anzi la favoriva piuttosto, tanto nel senso verticale quanto nell'orizzontale.

107. — **L'atmosfera**, la quale formava l'inviluppo della giovane Terra, era naturalmente molto diversa dalla presente, a misura dell'alta temperatura della corteccia solida, posta tra la medesima ed i vapori incandescenti, rinchiusi nell'interno del globo terrestre. Finchè la detta temperatura superava la temperatura critica (365°) del vapor d'acqua, una liquefazione di questo era impossibile. La massima parte delle quantità misurate di questo elemento, che ora riempie i nostri oceani, esisteva allora nell'atmosfera, esercitando sulla superficie della crosta appena formata l'enorme pressione, parecchie centinaia di volte più grande di quella dell'atmosfera presente. Altri vapori, specialmente di acido carbonico riempirono senza dubbio quell'atmosfera primitiva in grande quantità. Basta pensare che tutti quei corpi, i quali di poi assorbirono e immagazzinarono questa sostanza, come il carbon fossile e tutti i vegetali, non esistevano ancora, e che questo gas superava quindi in quelle epoche circa dieci volte la quantità dell'azoto, che ora esiste nell'atmosfera in proporzione del $78{,}_{492}$ per cento (mentre il carbonio forma soltanto un centesimo dell'aria atmosferica presente). La temperatura elevatissima di questo inviluppo, tanto favorevole alle combinazioni chimiche dei vari elementi esistenti nel medesimo in proporzioni diversissime, cagionava agitazioni continue e convulsioni gigantesche in quel mare sterminato di vapori d'ogni genere. Il flusso e riflusso, causato dalla differenza di attrazione di Sole e Luna nelle parti più vicine e più lontane del globo

Digitized by Google

terrestre, produceva pulsazioni tremende, non soltanto nell'atmosfera e negli oceani primitivi, ma nella stessa corteccia flessibile del globo terrestre.

ART. III. — STRUTTURA DELLA CORTECCIA TERRESTRE. ERE GEOLOGICHE PIÙ ANTICHE.

108. — Lo studio della struttura interna della crosta del nostro globo terraqueo, l'esame dei vari materiali che la compongono, dei cambiamenti attraversati da questi nel decorso dei secoli, per sè forma un ramo speciale delle scienze naturali, comunemente chiamato **Geologia**. Le tracce dei diversi avvenimenti trovansi nei vari strati della corteccia terrestre, e siccome il paleontologo (παλαιός = *antico*) riordinando i frammenti rimasti di un monumento, sa ricostruire le linee architettoniche del medesimo, assegnare l'epoca della sua costruzione, ritrovare perfino l'autore probabile del monumento, così il geologo, studiando i frantumi della crosta terrestre, cerca di ricostruire le linee fondamentali dei vari terreni. Rintracciando in essi le varie vestigia dei minerali, vegetali, animali, egli sa indicare le ere, nelle quali le varie formazioni si succedettero, assegnare le cause principali, che produssero i cambiamenti più radicali tanto nella struttura interna, quanto nell'apparenza esterna del nostro pianeta.

Rimettendo per uno studio completo di questo ramo, relativamente nuovo delle scienze naturali, ai trattati speciali, che non mancano,[1] noi ci limiteremo qui a descrivere le linee più generali dei vari periodi geogonici, in quanto queste formano una parte integrale dell'astrofisica.

109. — La Terra, circondata dalla **corteccia primitiva**, descritta nell'articolo precedente, col progressivo suo raffreddamento diminuiva in volume. Questa diminuzione avrebbe

(1) Citiamo fra molti altri l'eccellente opera dell'A. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, Paris, 1885 (II ed.) ed *Abrégé de Géologie*, Paris 1903 (Ved.), come pure quella di STOPPANI, *Corso di Geologia*, Milano, 1904, 3 vol. Compendii minori sono le opere del P. SECCHI, *Fisica terrestre*, Roma, 1879; TUCCIMEI, *Elementi di Geologia*, Roma, 1900 (II ed.); Hoepli, *Atlante di Geologia, mineralogia e paleontologia* con testo esplicativo di G. Mercalli, Milano. Altri autori si troveranno citati nei luoghi rispettivi.

Digitized by Google

avuto per conseguenza un isolamento della crosta solida e compatta dalle masse fluide sottostanti, se il materiale delle rocce già formate avesse avuto una consistenza sufficiente a resistere alla formidabile pressione laterale, risultante da tale sospensione. La muratura d'un traforo, che attraversa un'alta montagna (Fig. 43), per resistere alla pressione dei terreni sovrastanti, dev'essere di un materiale abbastanza duro. Se tra le pietre adoperate si trovassero alcune (A, B) troppo deboli, queste cederebbero alla forza premente; schiacciate tra le altre più dure, uscirebbero in frantumi dalla serie delle altre. Queste invece, supposte certe condizioni, potrebbero chiudere da sè la volta rovinata formando soltanto un arco più piccolo. Lo stesso sarebbe il caso, se la pressione, invece di provenire da una causa esterna (dalla montagna) provenisse, come nel caso della Terra, da una causa (attrazione) interna; anzi in questo caso il materiale delle parti rovinate troverebbe più facilmente un'uscita verso l'esterno, e ciò ancora con maggiore violenza, se il materiale rinchiuso nell'interno, la impedisse da questa parte. Ora processi simili dovevano aver luogo dopo la prima formazione della corteccia solida della Terra.

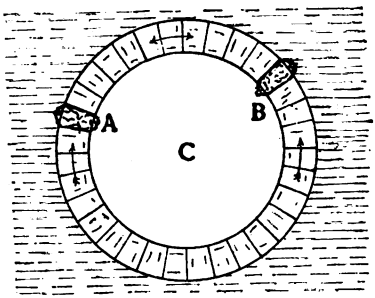


Fig. 43.

110. — I sedimenti successivi di varie sostanze che andavano a depositarsi sul fondo del mare primitivo, poterono ivi formare delle stratificazioni più o meno regolari o parallele (Fig. 44, A). Consolidati ivi in una massa compatta colla crosta terrestre e restringendosi con essa, questi strati cominciarono a corrugarsi (B) a foggia d'un tappeto flessibile, spinto innanzi sul pavimento.[1] Dove il materiale aveva già acquistato tanta consistenza a non permettere più una semplice corrugazione, questo nondimeno cedendo alla tremenda spinta

(1) La struttura cristallina insieme coi segni di stratificazione più o meno mascherata, e la mancanza di ogni vestigio di vita vegetale od animale formano il distintivo caratteristico di tutte queste formazioni primitive.

Digitized by Google

laterale, si spaccò semplicemente, spostandosi in varie direzioni (C), e quando il cataclisma era più violento, i frantumi si rovesciarono disordinatamente l'uno sopra l'altro (D), mentre gli interstizii fra essi furono subito riempiti dalle masse semifluide sottostanti. (1) La stessa massa compatta dei graniti, che formano l'ossatura delle montagne più alte, trovano in questo modo una piena e del tutto soddisfacente spiegazione. Si spiegano pure in un modo naturalissimo tutti quei **terreni sedimentari discordanti** delle medesime rocce e montagne,

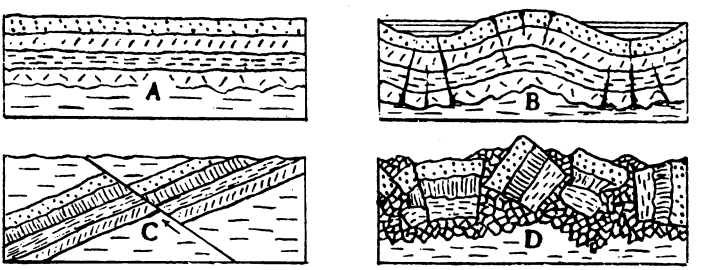


Fig. 44. Sedimenti e spaccati della crosta terrestre.

delle quali la nostra figura 44 dà soltanto le disposizioni più caratteristiche. (2)

111. — Considerando la grandezza della crosta terrestre, che a foggia di vôlta gigantesca circondava la giovane Terra, si capisce pure, come l'energia della pressione laterale, cagionata dal restringimento, poteva essere tale a rendere almeno in parte di nuovo roventi e fluide le masse già solidificate, come lo stesso granito, ed iniettare violentemente i prodotti di questa fusione nelle rocce sovrastanti, riempiendo inoltre tutti gli interstizii e vani trovati nelle medesime. Di fatti si trovano molti esempi (Fig. 45) di vene e **filoni di granito,**

(1) **Μάγμα** (*pasta*) è il termine tecnico, col quale si suole indicare quella massa semifluida (incandescente) che trovasi immediatamente sotto la crosta solida, formando il passaggio graduale di questa alle masse interne perfettamente liquide o gassose.

(2) Sarebbe facile di esemplificare tutto con esempi reali, presi dalla natura; per mancanza però di spazio rimettiamo i lettori di ciò desiderosi ai trattati speciali già citati.

Digitized by Google

gneiss ed altre sostanze simili iniettate in questo modo nelle rocce di origine diversa e posteriore.

Quelle rocce primitive (composte generalmente di feldspato, quarzo, mica o anfibolo) appartengono all'epoca, quando la terra non era ancora capace di mantenere degli esseri viventi sulla superficie. Invero manca nelle medesime (nel granito, gneiss, nei cosidetti micaschisti ed in molti marmi come quello di Carrara) qualunque vestigio di vita, tanto animale quanto vegetale. Per la qual cosa l'epoca delle medesime formazioni è stata chiamata dai geologi semplicemente **Epoca azoica** (ἀ = *senza*, ζωὴ = *vita*).

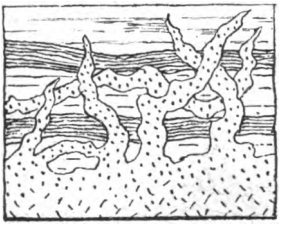


Fig. 45. Filoni di granito.

112. — La sollevazione e lo sconvolgimento di quei terreni primitivi azoici diede origine alle nostre **montagne**, le quali colle loro catene principali contrassegnano sul globo terrestre le grandi linee della corteccia fratturata. Le Alpi, le alte vette dei Pirenei, gli Appennini, i Carpazi, il rilievo gigantesco dei monti Imalaia coi colossi che attraversano il continente asiatico per mettere capo all'oceano Pacifico; la catena montagnosa dell'America centrale, le Cordigliere e le Ande; insomma tutte quelle enormi sollevazioni che come una spina dorsale pervadono tutta l'America dal nord verso sud: tutte queste linee ed altre simili minori non sono che il prodotto di processi, simili a quelli già descritti. Venendo da profondità di temperature molto elevate, le cime di esse da principio erano più calde dell'atmosfera circostante e del mare universale, dalle onde del quale emergevano. Questi nuovi squilibri di temperatura cagionarono nuove e straordinarie **agitazioni nell'atmosfera**, la violenza delle quali superava tutto ciò che sperimentiamo ai giorni nostri anche nei cicloni ed uragani più violenti. L'aria, grandemente riscaldata al disopra di esse, fu spinta in regioni altissime con enorme velocità. Arrivata ivi co' suoi vapori di ogni genere agli strati freddi più remoti, questi vapori raffreddandosi e condensandosi tornarono di nuovo a precipitarsi in **pioggie torrenziali** nel mare sottostante e sui continenti appena formati, cercando di livel-

Digitized by Google

larli di nuovo e di precipitare la parte rovinata nel mare bollente circostante. Non è cosa facile di farsi un'idea giusta della forza degli elementi scatenati, i quali mentre da una parte cagionarono rovine e rovesci continui sulla superficie terrestre, d'altra parte conferirono al consolidamento della corteccia ed alla purificazione dell'atmosfera. I liquidi, precipitati sulle montagne nascenti e sui continenti appena apparsi, non soltanto colla violenza delle loro onde portarono le parti più logore delle medesime di nuovo verso il mare, ma i più facilmente ebollenti, riempiendo le fessure e caverne delle rocce, prendendo

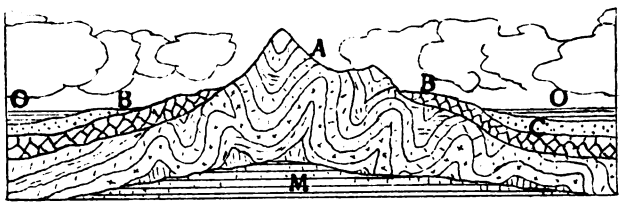


Fig. 46. Sezione ideale della crosta primitiva terrestre.
(*M* magma incandescente, *A* graniti sollevati, *B* schisti sedimentari sparsi di lamelle micacee cristalline, *C* sedimenti posteriori, *O* oceano).

di nuovo lo stato vaporoso cagionarono con esplosioni violente la rovina, almeno parziale, delle rocce già formate.

113.— Frattanto il raffreddamento della crosta terrestre progrediva, tanto dalla parte esterna, quanto dall'interna; ma meno da questa, che da quella. Essendo poi lo spessore di essa diverso, in conseguenza delle prime corrugazioni, rotture e dei sollevamenti, il raffreddarsi delle varie regioni non procedette più uniformemente, anche a cagione della varia conducibilità dei terreni già formati. Così gli stessi oceani, favorevoli ad un raffreddamento più rapido della corteccia sottostante, e con ciò all'ingrossarsi della medesima, aumentando il peso e la pressione sul magma interno, cagionarono nuovi sollevamenti in altre regioni di più tenera costruzione. Insomma il fondo del mare si approfondò di più mentre i continenti si sollevarono per doppia ragione: cioè a cagione dei mari retrocedenti, e dell'aumentata pressione dal basso in alto. La fig. 46 rappresenta una sezione ideale d'una parte della crosta terrestre in quell'epoca.

Digitized by Google

114. — Arrivato a questo stadio, la superficie della Terra sufficientemente raffreddata, era capace di ricevere e di sviluppare i primi germi di vita organica. Cominciava cioè l'**epoca zoica**. Siccome il calore interno della Terra si manifestava ancora sufficientemente e quasi uniformemente alla stessa superficie terrestre, questa si rivestì presto di una lussureggiante vegetazione tropica. L'aria, rischiarita dopo le precipitazioni atmosferiche, fece apparire gli astri del cielo: il Sole, la Luna e le stelle; i mari si riempirono di animali acquatici di ogni sorta, grandi e piccoli; l'aria risuonava dal canto giolivo di migliaia di uccelli, e la terraferma diventò l'abitazione di animali di specie diversissime. (1) Tutto questo però, come mostrano appunto le varie epoche geologiche, non si eseguì in un momento ossia in pochi giorni, ma nel decorso di molti secoli. Testimonio di ciò sono gli **avanzi organici**, che trovansi tuttora nei vari strati della crosta terrestre; benchè non sia sempre facile di assegnare con certezza la loro successione, a cagione della trasformazione continuata della corteccia terrestre. (2)

(1) Non sarà necessario di avvertire che questa nuova fase non si spiega senza un intervento speciale del Creatore. Quantunque molti eruditi abbiano cercato di trovare un altro mezzo di passaggio da un'epoca all'altra, finora non l'hanno potuto stabilire. La S. Scrittura dice: « *Et ait* (Deus): *Germinet terra herbam virentem et facientem semen et lignum pomiferum faciens fructum iuxta genus suum, cuius semen in semetipso sit super terram. Et factum est ita* » (*Genesis*, I, 11). Similmente leggiamo degli animali: « *Producant aquae reptile animae viventis et volatile super terram sub firmamento coeli. Creavitque Deus cete grandia et omnem animam viventem atque motabilem* » (Ib. I, 20, 21). E degli animali terrestri si legge: « *Et fecit Deus bestias terrae iuxta species suas, et iumenta et omne reptile terrae in genere suo* » (Ib. I, 25). L'apparizione degli astri viene segnalata antecedentemente (nel verso 14): «Dixit autem Deus: *Fiant luminaria in firmamento coeli et dividant diem ac noctem, et sint in signa et tempora et dies et annos.* (Cf. I, n. 350).

(2) I sovradetti avanzi organici vengono anche semplicemente chiamati Fossili. Essi sono ordinariamente vere reliquie conservate (un osso, un dente, una conchiglia, ecc.); talvolta si trovano però anche mere impronte (d'un foglio, d'un piede, ecc.) impresse in una massa originalmente tenera, la quale si è poi consolidata. Le reliquie medesime spesse volte hanno subito un processo di mummificazione, incrostazione o pietrificazione, dopo il quale resistono più facilmente alla forza distruttiva degli elementi. Un somigliante mezzo di preservazione è stato il freddo intenso, dal quale certi pachidermi di razze estinte, sepolti nella neve e nel ghiaccio, sono stati quasi interamente conservati attraverso molte diecine e forse centinaia di secoli.

Digitized by Google

Le denudazioni subite dai terreni superiori abrasi e portati via dal lavoro delle acque aumentano la difficoltà. Le cime delle montagne rosicate e lavorate dai vari agenti atmosferici vennero, almeno in parte, portate di nuovo in fondo agli abissi dei mari (primitivi) per formare ivi altri banchi e strati. Talvolta massi colossali già elevati in alto, cedendo al proprio peso, si sprofondarono di nuovo negli abissi, dove tornando in contatto delle masse ignite più centrali, vennero di nuovo trasformati e ricristallizzati.

115. — Il decifrare questi labirinti di terreni diversi appartiene al geologo, il quale distingue ordinariamente **tre grandi suddivisioni** dell'êra zoica: la paleozoica (παλαιός = *antico*), mesozoica (μέσος = *medio*), e neozoica (νέος = *nuovo*), dette anche semplicemente primaria, secondaria e terziaria. Nell'**êra paleozoica** si trovano avanzi di alghe, spugne, moltissime conchiglie, granchi o crostacei, coralli e pochi pesci corazzati, i quali sparsi sopra tutto il globo attestano con ciò la temperatura primitiva uniforme degli strati superficiali del medesimo;[1] cosa che viene similmente comprovata dalla vegetazione tropicale ricchissima che ricopriva allora la superficie

(1) Non è qui il luogo di polemizzare contro quelli i quali, come il Darwin, Haeckel, Huxley, Vogt, ecc., asseriscono uno sviluppo graduale, una vera discendenza degli animali più perfetti dai meno perfetti, la quale teorica, benchè una volta entusiasticamente abbracciata dai materialisti dei nostri giorni, oggidì conta pochi aderenti, essendo dimostrato quasi ad evidenza, che i pretesi transiti in natura non esistono. « L'idea di una trasformazione successiva di uno o di pochi organismi imperfetti in organismi più perfetti – scrive il P. Secchi – di successione da monere e protisti ai polipi, agli acalefi, ai testacei, per venire ai crostacei ed ai vertebrati, per toccare il sommo negli antropomorfi e nello stesso uomo – tale idea ormai non può più sostenersi, perchè vediamo contemporanei a noi ancora sussistenti questi pretesi primi rudimenti della vita, i quali non disparvero punto, e potevano benissimo anche nell'origine delle cose essere contemporanei agli esseri perfetti... Quando poi da una serie di esseri si passa ad un'altra, che contiene un nuovo principio, molto meno si potrà ammettere una tale trasformazione successiva. Dal vegetale senza sensibilità non potrà passarsi all'animale che ha sensazioni, senza un nuovo potere che non può venire dalla sola organizzazione, nè dalla sola materia. E molto più dovrà dirsi ciò, quando si passa dal bruto animale all'uomo che ragiona, riflette ed ha coscienza ». Fin qui l'illustre scienziato. Cf. SECCHI, *Grandezza del creato* (Appendice alle lezioni di Fisica terrestre, p. 198).

Digitized by Google

dei fertili continenti, perfino nelle regioni polari. Testimoni di ciò sono quei **terreni carboniferi** estesissimi d'uno spessore considerevole, i quali coi loro strati molteplici, sovrapposti uno all'altro dimostrano ad evidenza, come in quelle epoche primitive foreste immense furono alle volte sorprese da grandi inondazioni fluviali e marine d'una estensione colossale, le quali interrivano e seppellivano sotto masse fangose ed arenose (calcari) quelle selve, già cadenti sotto il peso della propria vegetazione esuberante, le quali poi, compresse sotto i terreni

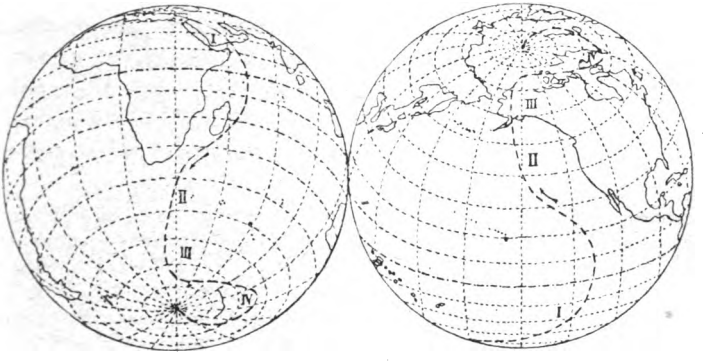


Fig. 47. Spostamento dei poli terrestri secondo Kreichgauer.

pesanti sovrapposti subirono col decorso di molti secoli il processo lento e continuato di carbonizzazione. (1)

(1) Merita qui una speciale menzione un'idea nuova ed abbastanza ardita, la quale preferisce di ascrivere la suddetta distribuzione di vegetazione tropica nei varii climi ad un vero cambiamento dei poli terrestri, non nel senso già spiegato (I, num. 439) d'uno spostamento dell'asse di rotazione nello spazio, ma di uno spostamento della crosta terrestre relativamente a questo asse. Siccome una nave per un principio di moto, rinchiuso nella medesima, può muoversi liberamente sull'oceano, così non soltanto le prime scorie galleggianti sulla superficie del globo terrestre potevano spostarsi per forze meramente telluriche, ma anche quando tutta la crosta formava già una corteccia dappertutto coerente, questa poteva per un lungo periodo di tempo conservare ancora una certa mobilità relativamente alla massa fluida-gassosa interna, ossia relativamente all'asse di rotazione di questa. Come causa principale di tali spostamenti dovrà considerarsi la solidificazione in proporzioni diversissime nelle varie regioni della superficie e lo squilibrio con ciò formato negli strati superiori dell'ellissoide di rotazione. Imperocchè il raffredamento esterno poteva evi-

Digitized by Google

Il caratteristico di quell'êra primitiva sono le fluttuazioni della crosta terrestre con frequenti e violente elevazioni e nuove sommersioni della Terra asciutta. I mari che si erano in parte già ritirati, ritornano a coprire i terreni anteriori; e tutti questi sconvolgimenti perdurarono quasi sopra tutta la superficie, finchè una crosta di circa 30 chilometri di spessore si era formata, e conseguentemente le sue oscillazioni diventarono meno violente, ma sopra scala più larga.

116. — L'êra mesozoica o secondaria esibisce un assetto più tranquillo e duraturo dei varii terreni, che in essa si depositarono principalmente nel fondo dei mari. I geologi distinguono in essa i terreni triassici, liassici, giuresi e cretesi. (1) In tutti queste stratificazioni si trovano ancora predominanti gli animali rettili ed anfibi. I mammiferi più perfetti mancano del tutto, eccettuata la classe in-

dentemente progredire più rapidamente ai poli dell'asse di rotazione, mentre poi la forza centrifuga spingeva quelle parti più dense verso l'equatore. Cause locali ed accidentali dovettero però modificare non poco la strada effettivamente percorsa dalla corteccia in questo modo, ed il suo andamento deve studiarsi nelle condizioni geologiche dei varii terreni. Questo lavoro è stato fatto dal valente geologo P. D. Kreichgauer S. V. D. [*Die Aequatorfrage in der Geologie*, Steyl-Olanda, 1902]. La figura 47 compendia il risultato de' suoi lavori, mostrando l'andamento dei poli nelle varie *Epoche: primaria* (I), *secondaria* (II), *terziaria* (III), *quaternaria* (IV). A sinistra si vede come il Polo Sud partendo dal Mediterraneo e girando per l'Arabia lungo la costa orientale dell'Africa, percorrendo dopo l'êra terziaria quasi una curva ellissoidale vicino al suo posto attuale giungesse finalmente a questo posto definitivo, mentre (come vedesi a destra) il Polo Nord, diametralmente opposto, girando lungo la costa occidentale dell'America e descrivendo una curva simile attraverso la Groenlandia prese la posizione presente. Le ragioni che, oltre le accennate, appoggiano questa teoria nuova vedansi presso il lodato autore; al quale sembra in questo modo cosa più facile di spiegare il cosidetto periodo glaciale, del quale tratteremo subito.

(1) I nomi di queste suddivisioni alludono alle varietà più o meno accidentali di quei terreni. In Germania, per es., si trovano tre (τριας) piani distinti e regolarmente sovrapposti di *arenaria variegata* (Bunter Sandstein), di *calcare conchilifero* (Muschelkalk) e di *marne iridate* (Keuper), donde il nome di terreno triplice (Trias). — Il nome lias (pronunziato all'inglese) sembra una corruzione della parola inglese *layers* (strato); a cagione cioè della stratificazione singolare di questi terreni era facile il distinguerli dai precedenti. — La parola giurese è derivata dai monti Giura (Jura) che formano la frontiera al nord-ovest della Sviz-

Digitized by Google

feriore dei marsupiali. I detti rettili ed anfibi però hanno delle dimensioni enormi, come mostrano i vestigi giganteschi, le impronte fatte dalle loro zampe nel terreno e le reliquie di ossatura qua e là ritrovate, le quali permisero una ricostruzione di quegli scheletri colossali. (1)

Giudicando dallo spessore dell'insieme di questi terreni secondarii, di 6 chilometri e mezzo incirca, pare che la durata della loro costruzione fu relativamente molto più breve della precedente, quantunque senza dubbio abbracciasse molti secoli. Oltre quegli animali di specie estinte, si ebbero già non pochi uccelli, i quali compaiono tutti ad un tratto, senza vestigii di trasformazione di una specie nell'altra. (2)

In quest'êra i mari, in seguito ai terreni discendenti, ricoprivano grande parte dell'Europa, deponendo sul fondo grandi depositi di gesso, salgemma, arenarie e schisti marnosi e calcarei.

zera, tra questa e la Francia, sui quali predomina il nostro periodo. — Il nome cretaceo viene da quei depositi di calcare terroso, bianco ordinariamente, chiamato creta.

Simili suddivisioni dell'êra primaria in terreno Cambriano, Siluriano, Devoniano (Carbonifero) in uso presso i geologi, alludono alle varie regioni d'Inghilterra, dove i rispettivi periodi o furono trovati o studiati per la prima volta: in *Cambria* (antico nome del paese di Galles), nella regione abitata anticamente dai *Siluri*, e nella contea di Devonshire, Il nome Permiano viene da Perm, città della Russia, nei dintorni della quale sopra un'area di circa 40 000 km. quadrati trovansi quelle formazioni dell'êra primaria. Per altri particolari rimettiamo agli autori citati.

(1) A questi tipi appartengono quei lucertoloni (σαῦρος = *lucertola*), ora del tutto scomparsi (tranne un lontano rappresentante, il coccodrillo). Erano veri rettili oceanici d'una lunghezza da 10 fino a 20 e 30 metri, forniti di natatoie, lunghe code, moltissime costole, enormi dentiere. Secondochè si rassomigliano più ai pesci, ai serpenti, agli animali corazzati, ecc., si distinguono gli ittiosauri (ἰχθύς = *pesce*), plesiosauri (πλησίος = *vicino*), teleosauri (τέλεος = *perfetto*), ecc., le figure delle quali vedonsi riprodotte nella citata opera del P. Secchi (135) ed altrove. Altri erano dotati di vere ali o piuttosto membrane come i nostri pipistrelli, ma di una larghezza di circa 2 metri. Un eloquente commentario di *Cete grandia* e *volatili* delle acque, dei quali parla la S. Scrittura (*Gen.* I, 20, 21): « *Producant aquae reptile* ». Nota già il P. Pianciani, che quella espressione « *producant* » ha qui lo stesso significato che la parola latina *scateant* (*brulichino*), ossia si riempiano. (*Cosmogonia naturale comparata colla Genesi*, Roma, 1862, 407).

(2) Anche questo combina mirabilmente colla narrazione della Sacra Scrittura: *Creavitque Deus... omne volatile secundum genus suum* (*Gen.* I, 21).

Digitized by Google

117. — **Era neozoica o terziaria** chiamasi quell'ultimo periodo della Terra nascente, nel quale la sua superficie prendeva più o meno l'aspetto che ha ancora, rivestendosi di piante nuove e di animali nuovi. I mari a cagione dei fondi sollevati si ritirarono sempre più dai continenti, lasciando libere moltissime spiaggie litoranee, sulle quali un'atmosfera purificata e più atta alla respirazione insieme coll'acqua dolce, provveduta da grandi fiumi, prepararono la dimora per una flora e fauna più perfezionata. Col ritirarsi del calore terrestre verso l'interno cominciano a farsi sentire i climi diversi col cambiamento annuo delle stagioni (I, num. 42, 363).

I geologi suddividono questo nuovo gruppo di formazioni, detto anche cenozoico (dal greco καινός=*recente*), in tre parti: l'eocene (ἕως=*aurora*), il miocene (μείων=*minore*) ed il pliocene (πλείων=*più*), secondo lo sviluppo successivo dei varii caratteristici del terreno, della flora e della fauna. Lasciando la descrizione dei dettagli ai geologi, notiamo soltanto le cose più attinenti al nostro proposito. Non solamente le terre, ma anche la stessa vegetazione e gli animali mammiferi col loro organismo si avvicinano a poco a poco alle forme tuttora viventi. Le alte montagne come l'Himalaya, i Pirenei, gli Appennini, il Caucaso, subirono un'ultima spinta in alto, insieme alle loro formazioni eocene.

Gradatamente appariscono nel regno animale dopo i marsupiali, gli insettivori ed i carnivori, poi gli ungulati, gli ippopotami, i proboscidati, ecc. [1] mentre una flora ricchissima di magnolie, oleandri, lauri, platani, querce, pioppi, ecc. ricuoprono i terreni lussureggianti di verdura. Insomma la Terra preparavasi a diventare la dimora stabile dell'uomo, del quale nei terreni finora descritti non si trova traccia veruna.

Art. IV. — Gli ultimi assestamenti della corteccia terrestre. Epoca quaternaria, glaciale, vulcanica.

118. — **Era quaternaria** chiamasi la continuazione del pliocene, del quale forma l'ultimo compimento. I cambiamenti diventano sempre più superficiali. La crosta della Terra,

(1) « *Et fecit Deus bestias terrae secundum speçies suas, et iumenta et omne reptile terrae in genere suo* » (*Gen.* I, 25).

Digitized by Google

oramai solidificata, aveva acquistato una grossezza tale da poter resistere efficacemente ad ulteriori sconvolgimenti universali, che finora minacciavano l'estirpazione radicale di quasi tutti gli esseri organici, che trovavansi sulla superficie. In queste condizioni il nostro globo era abbastanza apparecchiato a formare la dimora stabile dell'uomo; ed infatti lo vediamo apparire in quest'ultima epoca. La geologia comincia a toccare la topografia e ciascun paese ha la sua storia. Non vi sono indizi sufficienti per far rimontare l'antichità della razza umana al di là dell'epoca quaternaria e, come nota il P. Secchi collo Stoppani ed altri geologi rinomatissimi, finora non vi sono prove dimostrative della convivenza dell'uomo colle belve gigantesche di specie perduta, alle quali in quest' **epoca antropica** seguono invece un grande numero di animali di specie più mite e più facile alla preda dello stesso uomo, come i cervi, cavalli, buoi, renne, montoni, ecc.; benchè dall'altra parte non manchino anche belve feroci, come l'orso e la tigre delle caverne, la iena spelea, delle quali l'uomo coi suoi strumenti primitivi di caccia sapeva liberarsi, come provano le loro ossa accumulate, ritrovate in vicinanza di avanzi che attestano la presenza contemporanea dell'uomo.(1)

119. — Lasciando la discussione di queste cose ai geologi, noi seguiamo qui piuttosto le ulteriori vicende geofisiche, caratterizzate da tre agenti principali: alluvioni, ghiacciai e vulcani. Col progressivo raffreddarsi della crosta terrestre le precipitazioni atmosferiche diventarono naturalmente più frequenti e più abbondanti, le cime delle montagne cominciarono a coprirsi di nevi in grandissima quantità, le quali poi disciolte in gran parte dal calore solare nelle stagioni più miti, precipitavano in fiumi torrenziali verso i mari, trasportando e trascinando seco ogni genere di materiali, incontrati sulla via. Era un vero **diluvio** e così chiamano i geologi veramente questa fase primaria dell'êra quaternaria.(2) Se si

(1) « *Et creavit Deus hominem ad imaginem suam* » ... « *Igitur perfecti sunt coeli et terra et omnis ornatus eorum* » (*Gen.* I, 27; II, 1).

(2) Il nome *diluvio* non vuol indicare, che questo periodo sia identico con quello del *diluvio Noetico*, del quale parlano non soltanto la Sacra Scrittura (*Gen.* VII), ma eziandio altri documenti storici, benchè queste descrizioni possano darci un' idea più particolareggiata di simili cataclismi.

Digitized by Google

calcola che ancora oggidì i grandi fiumi come il Rio delle Amazzoni, il Gange, il Mississippi, il Hoang-Ho e simili trasportano continuamente colle loro acque una quantità tale di detriti che basterebbero a costruire in pochi giorni intere isole, non sarà difficile di formarsi un'idea degli effetti prodotti da quei fiumi diluviali nei tempi preistorici.

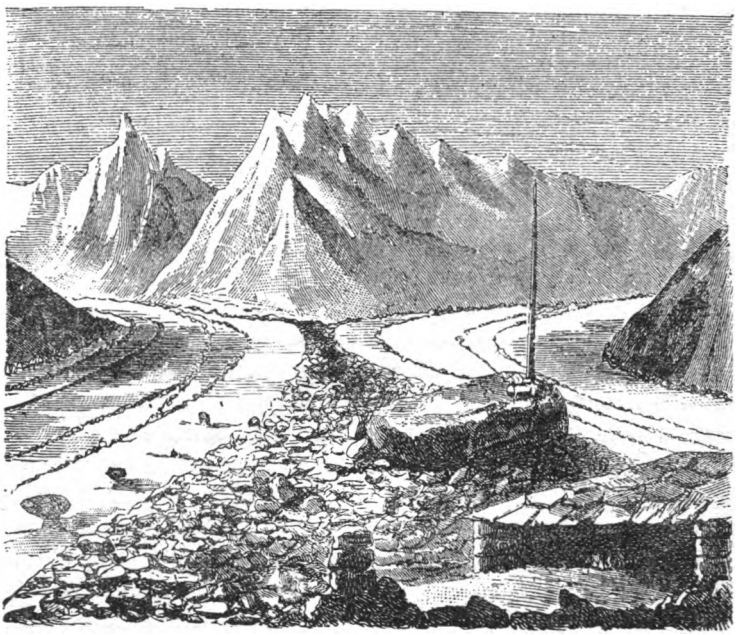


Fig. 48. Ghiacciaio con morena mediana.

La materia degli altipiani insieme coi detriti delle rocce erose e sfasciate somministravano il materiale per empire le vallate inferiori coi cosidetti Coni di deiezione e per trasformare continuamente i Delta delle foci.

120. — Monumenti grandiosi della molteplice azione (fisica, chimica e meccanica) dell'acqua sono quelle rocce che colle loro forme bizzarre formano strani ornamenti di molti paesi montagnosi. L'azione diventa ancora molto più efficace quando l'acqua, conseguentemente alla variazione di temperatura, gela e disgela. Testimonio di ciò sono i grandi **ghiacciai** (Fig. 48)

Digitized by Google

delle montagne più alte, le cime delle quali si levano al di sopra della zona delle nevi perpetue. Il freddo colà anche nell'estate (num. 98) rimane tale, che le nevi cadute nella stagione invernale non si sciolgono mai totalmente. Si accumulerebbero quindi indefinitamente, se i ghiacciai, formati negli strati inferiori delle medesime, non fornissero un elemento transitorio e mutabile. Liquefandosi cioè al disotto, questi scendono lentamente ma continuamente, verso le valli, emettendo all'estremità inferiore un torrente di acqua, fangosa pei detriti delle rocce distrutte dalla stessa forza dell'acqua gelata. Nel suo transito, cioè dallo stato liquido al solido, l'acqua si dilata, esercitando così una forza irresistibile sulle dette rocce, nelle fessure delle quali si è prima infiltrata.

Ora di tali ghiacciai una gran parte dell'Europa centrale, come molte altre regioni del globo terrestre, si ricoperse nell'êra quaternaria, segnalando in essa un periodo particolare chiamato semplicemente **periodo glaciale**. Sulla stessa Italia si distese il gelido mantello, coprendo le pianure lombarde ed una parte considerevole della Toscana.

121. — Il fatto viene attestato dalle morene antiche,[1] le tracce delle quali conducono fino alle moderne tuttora esistenti; dai blocchi giganteschi, chiamati massi erratici, i quali evidentemente staccati da montagne lontane trovansi alle volte isolati sopra terreni d'una roccia del tutto diversa, senza segni di rotolamento. L'unica spiegazione soddisfacente che può darsi di questi colossi, che talvolta hanno la grandezza d'una casa, è quella, che siano in quei tempi remoti stati carreggiati sul dorso dei potenti ghiacciai, per i quali le grandi vallate o laghi, ora frapposti tra il luogo di origine e di arrivo, non esistevano.

Le stesse rocce striate, sulle quali il ghiacciaio, avanzando verso la valle, co' suoi detriti più duri, incastonati nel ghiaccio, ha intagliato delle righe più o meno parallele, attestano coi loro solchi il passaggio fatto. Rocce che altrimenti esibiscono spigoli vivi, si trovano smussate, lisciate ed arro-

(1) *Morene* chiamansi quei cumuli di materie trasportate dai ghiacciai e depositate, sia ai fianchi dei medesimi (*M. laterali*), sia in mezzo ad essi (*M. mediane*), ovvero al termine (*M. frontali*).

Digitized by Google

tondate come dorsi di montone, donde i Francesi le chiamarono *roches moutonnées*. Finalmente le reliquie di animali nordici p. es. della renna e del bue muscato, trovate nell'Europa centrale, danno una prova ulteriore della grande estensione dello strano fenomeno, la spiegazione del quale formava fino ai giorni nostri una gran croce pei geologi.

122. — Una temperatura media annua di 4° a 6° inferiore all'attuale forse basterebbe a spiegare la cosa almeno nelle nostre regioni. Imperochè con un abbassamento tale il limite delle nevi perpetue scenderebbe nelle Alpi più di un chilometro. Ma quale potè essere **la causa di questo abbassamento di temperatura,** il quale d'altronde dovette essere più o meno generale per tutto il globo, trovandosi simili fenomeni sviluppati contemporaneamente perfino nell'America.

In quanto all'Europa centrale, fatti geologici più semplici potrebbero forse spiegare la cosa, come p. es. una maggiore estensione dei mari del Nord in quel tempo, la quale metteva il nostro emisfero nelle condizioni dell'attuale emisfero australe. (1) Poteva pure concorrervi la mancanza della corrente del Golfo; non esistendo allora la barriera dell'istmo di Panama che ora proibisce l'entrata nel mare Pacifico a questa sorgente calorifera, mandandola invece, aiutata dalla rotazione della Terra (I, num. 426), verso le nostre coste europee più settentrionali. In terzo luogo l'assenza del Sahara (emerso recentissimamente dal mare) fece mancare quella sorgente di venti caldi, che ora influiscono tanto nella condizione dei nostri climi. La teoria dello spostamento della crosta terrestre, accennata nella nota (p. 93), ha aperto nuovi orizzonti alla dibattuta questione.

123. — Una causa però più universale di quel periodo di temperatura più bassa forse trovasi nei fenomeni cosmici ovvero astromeccanici del pianeta Terra. Potrebbe darsi benissimo che il globo terrestre, il quale oltre il suo moto annuo di traslazione intorno al Sole (I, num. 429), accompagna il Sole nel suo cammino attraverso gli spazi celesti (I, num. 614),

(1) Su questo riguardo un fatto degno di nota si è che in latitudini australi quasi identiche a quelle di Londra, come all'isola Kerguelen (lat. 49°), vi nevica nella stagione tropicale estiva quasi ogni giorno. I ghiacci poi galleggianti nell'Oceano s'incontrano già alla latitudine di 30°!

Digitized by Google

abbia incontrato in quell'epoca una parte dello spazio interstellare più fredda del solito. È vero che tali cause eccezionali sfuggono ai nostri controlli scientifici, e perciò sono difficilmente ammesse dagli scienziati; ma questo non le rende in sè meno probabili.

Una causa più soggetta ai nostri calcoli sarebbe *la variazione dell'eccentricità dell'orbita terrestre* (I, num. 637) insieme alla variabile direzione dell'asse maggiore della medesima relativamente alla linea degli equinozi (I, num. 458). A cagione di quest'ultima il perielio, ossia il punto della massima vicinanza della Terra al Sole, percorre in 21 000 anni tutti i quattro quadranti dell'orbita. Conseguentemente il Sole, che si trova ora più vicino nell'inverno, più lontano nell'estate (almeno per l'emisfero boreale), circa 10 000 anni fa si trovava inversamente più lontano nell'inverno e più vicino nell'estate. Di più per la ragione della disuguaglianza della durata delle stagioni, l'inverno che ora è più breve dell'estate, allora era più lungo (I, num. 344).[1] Aggiungendo poi l'effetto della variata eccentricità dell'orbita terrestre, la quale diecimila anni fa era maggiore (I, num. 638), non sembrerà più tanto difficile di riconciliare il detto periodo geologico colle teorie meccaniche dell'Universo, di mettere in armonia perfetta l'Astrofisica coll'Astromeccanica.

124. — Un secondo elemento caratteristico dell'êra quaternaria sono i **Vulcani,** i quali dopo il ritiro dei mari raddoppiarono la loro attività, formando altrettante valvole di sicurezza alle forze esplosive imprigionate nell'interno del globo.[2] I coni di materia, rigettata nel corso dei secoli, alzano talvolta i loro vertici aperti ad un'altezza di circa 6 km. sopra il livello del mare, e ciononostante la forza esplosiva tuttora può arrivare ad un grado tale di violenza, che le masse eruttive lanciate in alto dai crateri ossia da quelle bocche aperte, arrivino agli strati più elevati della nostra atmosfera, cagionando ivi riflessi straordinari di colori svariatissimi, ma principalmente rossicci, dopo il tramonto del Sole ed al tempo dell'aurora

(1) Per l'emisfero australe le condizioni sono inverse e spiegano così l'anomalia già accennata di certi freddi eccezionali in quelle regioni.

(2) Il nome *Vulcano* allude al personaggio mitologico dello stesso nome, considerato come dio del fuoco.

Digitized by Google

della mattina (I, num. 238), e ciò per mesi interi.[1] La figura 49 rappresenta l'eruzione del Vesuvio veduta da Napoli nell'ottobre 1822. Sono noti il vulcanetto più piccolo dello Stromboli nell'isola omonima ed il più colossale del-

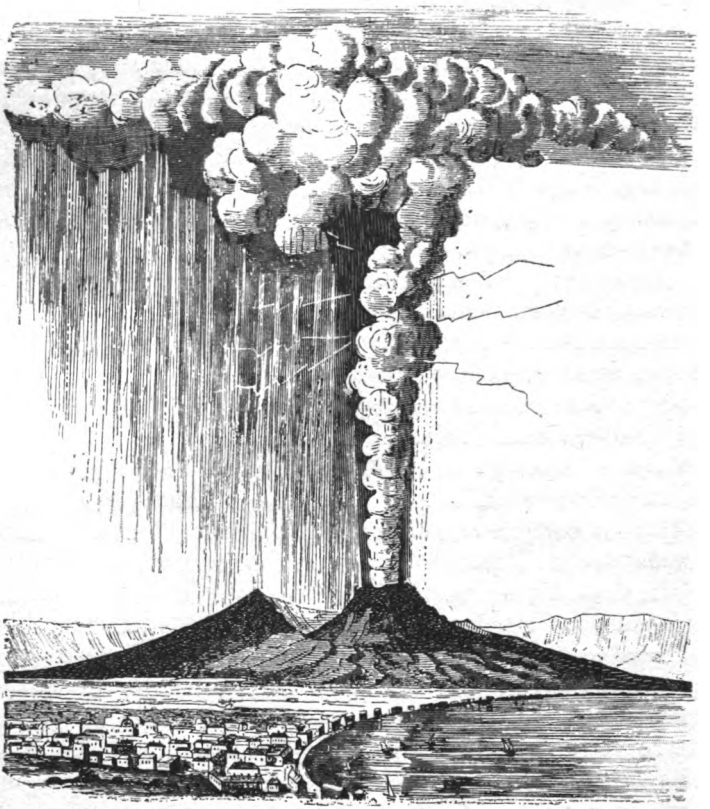


Fig. 49. Eruzione del Vesuvio nel 1822.

l'Etna. Altri vulcani tuttora attivi nell'Europa sono l'Ecla con un gruppo di altri sei in Islanda, e Santorino nell'Ar-

(1) Ricordiamo ancora i fenomeni di questo genere osservati sopra tutto il globo, dopo la terribile eruzione di Krackatoa nello stretto della Sonda, avvenuta nell'agosto del 1883, la quale fu così violenta, che le onde generate nell'aria fecero per ben tre o quattro volte l'intero giro della Terra con una velocità di circa 1000 km. all'ora.

Digitized by Google

cipelago. I vulcani più grandiosi trovansi nell'America meridionale.

Nei vari continenti del mondo e nelle isole adiacenti si contano circa 700 vulcani, dei quali però più che la metà sono ormai spenti e fuori di attività, come p. es. qui presso Roma i Vulcani spenti dei monti Albani o Laziali e quelli Sabatini intorno al lago di Bracciano. Lo stesso lago, come quelli di Albano e Nemi, non sono altro, che le bocche chiuse dei crateri otturati.

125. — I terreni vulcanici si distinguono facilmente dagli altri per la loro struttura ed architettura. Generalmente parlando i prodotti delle eruzioni sono gassose (vapor d'acqua, acido carbonico, idrogene ecc.); liquide (acqua, lava e fango) e materiali solidi (cenere, lapilli, tufi o peperini e scorie di ogni sorta. La cenere emessa e sparsa tutta intorno al cratere a distanze anche grandi, non è altro che polvere, talora finissima, di varie rocce e scorie tritate per l'agitazione continua nell'interno del vulcano. I lapilli (o rapelli) sono pezzetti più grossi e compatti di materie porose come pomici di genere ordinariamente siliceo; ad essi appartengono le nostre pozzolane. I tufi o peperini sono un impasto di ceneri e lapilli, quando queste ancor calde furono impregnate dall'acqua (dalla neve liquefatta), formando così correnti fangose solidificate di nuovo nei loro depositi. Lava chiamasi invece quella massa semiliquida e rovente, che lanciata in alto, ma ritenuta allo stesso tempo dallo stato glutinoso in cui si trova, subito si rovescia sulle falde della montagna, scorrendo giù per le medesime a foggia d'un metallo liquido incandescente, [1] che di notte tempo spande i suoi lugubri splendori sopra tutta la regione circostante. La temperatura di questa massa ignea si calcola di più di 1000 gradi; il raffreddamento però succede rapidissimamente, almeno all'esterno, dove essa sta in contatto coll'aria.

126. — La composizione mineralogica delle varie lave dipende grandemente dalla natura del terreno, nel quale i vulcani hanno praticato i loro uscii. Spesse volte si ritrovano in essa impastati frammenti di granito, di calcare, dolomite,

(1) La lava dei colli Albani arrivò una volta fino alle mura di Roma.

Digitized by Google

marna ecc. Esaminando per mezzo del microscopio la struttura interna della lava solidificata, si riconoscono in essa delle forme cristalline, formate prima o dopo l'eruzione. Vi si scopre un miscuglio di silice, calce, ossido di ferro, magnesia, soda, potassa, allumina ecc. Ora predominano le trachite, ora i basalti, la pomice ecc. Anzi il contrarsi di tutta la massa dopo il raffreddamento, produce in essa fessure orizzontali e verticali, le quali la dividono in tanti prismi regolari a più facce [1] che formano talora veri colonnati di basalto,

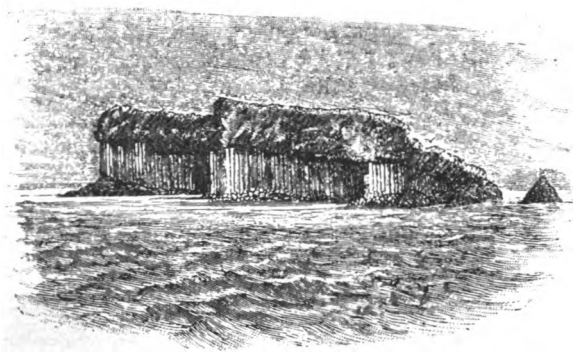


Fig. 50. La grotta di Fingal.

come per esempio la famosa grotta di Fingal (Fig. 50) nell'isola di Staffa, una delle Ebridi, all'ovest della Scozia.

127. — **La distribuzione dei vulcani** sul globo, non sembra legata a condizioni locali. Vulcani attivi o spenti trovansi tanto in mezzo ai continenti, quanto sulle spiaggie dei mari; tanto nelle regioni equatoriali, quanto in quelle polari. Isole intere devono la loro origine, in gran numero, a **vulcani sottomarini**, e ve ne sono molti nascosti sotto il livello del mare, i quali si manifestano di tempo in tempo colle esplosioni ed onde immense che cagionano. Ad onta di questa distribuzione sporadica, una certa preponderanza mostrano i vulcani ai lit-

(1) Presso Roma si trovano esempi di tale struttura a Rocca di Papa (alla sorgente che alimenta la fontana di Pentimastalla ed a Santa Maria di Galera.

Digitized by Google

torali marini. In Italia [1] la linea dei vulcani spenti collegati cogli attivi stendesi lungo la catena dell'Appennino vicino al mare. La direzione delle isole Eolie, dell'Etna, di Pantelleria, dell'isola Giulia e di Santorino ci conduce verso oriente ai vulcani dell'Armenia e del Caucaso, mentre verso occidente i terreni vulcanici della Sardegna additano quelli dell'Andalusia, delle isole Azzorre, Canarie e Capo Verde; tutti più o meno intorno al littorale del Mediterraneo. Similmente le Antille dell'America centrale coi loro numerosi vulcani, si trovano schierati lungo l'istmo americano. Tra la catena delle Cordigliere e l'oceano Pacifico stanno i grandi vulcani dell'America del Sud, i quali sembrano continuati da quelli dell'America centrale e poi più verso Nord da quelli del Messico e della California. Seguendo di là le vie marittime del Pacifico per le isole vulcaniche dell'Alasca, e la penisola non meno vulcanica del Camsciatca, troviamo tutta una serie di grandi vulcani, che si estendono lungo le isole del Giappone per quelle delle Marianne, Filippine, della Nuova Guinea ecc., fino a quelle della Nuova Zelanda da una parte, e fino a quel centro di attività massima dell'arcipelago della Sonda dall'altra parte. Insomma si può dire, che i grandi oceani del globo siano circondati da un cerchio di baluardi vulcanici; anzi gli stessi vulcani spenti, ora più distanti dal mare, sembrano essere stati in attività, quando in tempi preistorici il mare toccava le loro falde.

128. — Questo fatto deve servire di guida principale nelle teorie sull'**origine dei vulcani**, i quali formano gli ultimi risultati della formazione definitiva della corteccia terrestre, disponendosi sugli allineamenti delle ultime grandi fratture di questa. Per le ragioni già dette il raffreddamento della crosta terrestre procedette più rapidamente sotto le acque degli oceani,

(1) Tutta l'Italia ne è seminata, se non di vulcani attivi, almeno di altri spenti o di diramazioni di un'attività vulcanica più mite, che si manifesta, nei soffioni di vapore acqueo bollente di Toscana, nelle sorgenti di acque calde di Viterbo, Vicarello, ecc., nelle cosidette mofete (emanazioni di gas carbonico), della nota *grotta del cane* presso il lago di Agnano (Napoli), nelle solfatare di Tivoli ed Albano, e finalmente nelle varie fumajole, che sprigionandosi dalla lava vulcanica, indicano colla temperatura e colla composizione dei gas e vapori che emettono, lo stadio dell'attività più o meno estinta del terreno vulcanico.

Digitized by Google

e per conseguenza il peso della medesima colle acque sovrastanti cagionò uno squilibrio rispetto ai continenti; questo squilibrio dovette necessariamente manifestarsi ai confini di queste due regioni, dove le varie forze contrastanti trovarono punti più deboli della corteccia, i quali permettevano un'ultima frattura della medesima. Incoata una volta una tale infrazione parziale, le parti infrante cominciarono a cedere all'enorme pressione laterale, i materiali stessi per il calorico sviluppato negli attriti colossali cominciarono ad incendiarsi di nuovo, producendo in questo modo un' apparente rialzamento del

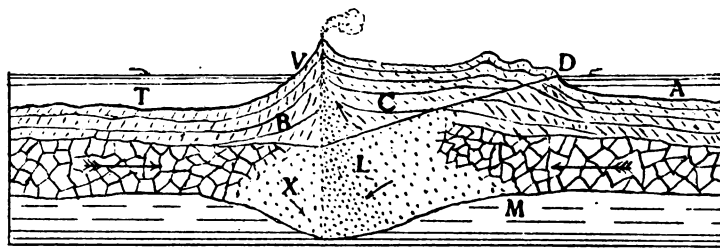


Fig. 51. Sezione della corteccia terrestre attraverso il Vesuvio.

magma rovente interno, che esercitando tutta la sua pressione idrostatica contro il turacciolo del terreno sottile sovrastante, finalmente lo gettò in alto, aprendosi così con terribile esplosione un'uscita. Si aggiungano poi le forze accessorie dell'acqua (marina), infiltrata nelle spaccature momentanee, e cambiata quasi in un momento in vapor d'acqua, il quale aggiunge nuova forza al terribile agente. [1] La figura schematica 51 illustra la cosa rispetto al Vesuvio. [2]

(1) Quanto sia vero questo, lo dimostrano i corpi d'origine marina, (molluschi, alghe, ecc.), talvolta trovati tra il materiale proiettato dai vulcani. Volere spiegare i vari fenomeni con una causa sola e con ciò schierarsi col partito dei teoretici *Vulcanisti* da una parte, ovvero coi *Plutonisti* dall'altra, ci pare una cosa poco scientifica.

(2) A rappresenta il mare Adriatico, T il mare Tirreno, V D C il cuneo di spostamento colla corrugazione dei monti Appennini, B terreno più resistente, X e L crosta frantumata, rigonfia verso il magma-rovente sottostante M, e con valvola in V. La figura originale con spiegazioni più particolareggiate trovasi nell'opera del nostro collega P. KOLBERG, S. I., *Nach Ecuador*, Freiburg, 1899 (4ª ediz.).

Digitized by Google

129. — Con questi pochi principii, lo sviluppo dei quali dobbiamo lasciare ad altri, non sarà difficile spiegare tutti i fenomeni vulcanici, non soltanto in generale, ma anche nei più minuti particolari, i quali sono più o meno strettamente connessi coi medesimi, come per es. **i terremoti** e **i maremoti** colle loro varie scosse sussultorie, ondulatorie e vorticose. Anche esse seguono l'andamento delle catene montagnose e sono più frequenti nei terreni vulcanici. Sono gli ultimi assestamenti di quei colossali corrugamenti della corteccia terrestre, qua e là rimasti ancora in uno stato di tensione. Così pure si spiegano, almeno in parte, quelle oscillazioni lente del suolo, per le quali le linee delle spiagge marine in alcune regioni sembrano emergere dal mare, mentre in altre si abbassano sotto il livello marino. (1)

Art. V. — L'era attuale della Terra.
Il flusso e riflusso dei mari. Le vicende atmosferiche.

130. — Dopo le rivoluzioni geologiche, finora delineate, il nostro pianeta cominciava a presentare, più o meno, l'aspetto attuale stabile e permanente. La Terra era oramai apparecchiata secondo i destini della Provvidenza, a ricevere il suo signore e amministratore. L'uomo coll'ingegno e colle forze materiali, messe a sua disposizione, poteva fare gli **ultimi cambiamenti superficiali**, allo scopo di rendere questa sua patria terrestre una dimora utile ed aggradevole ai suoi bisogni presenti e futuri. (2) Dominando i mari e i continenti, il triplice regno, minerale, vegetale ed animale, egli trovò un campo vastissimo a sviluppare le proprie energie, materiali ed intellettuali. Ta-

(1) Tali oscillazioni lente o dislocazioni secolari si chiamano anche Bradisismi (σεισμός = *urto*, βραδύς = *lento*) per distinguerli dai *moti sismici* più violenti e quindi più rapidi. Il noto geologo Suess (di Vienna, Austria) chiama bradisismi positivi quelli nei quali il livello del mare si alza; negativi quelli nei quali si abbassa. La nostra figura 49 accenna pure a questi fenomeni per le coste d'Italia.

(2) « *Et creavit Deus hominem ad imaginem suam: ad imaginem Dei creavit illum, masculum et foeminam creavit eos. Benedixitque illis Deus, et ait: Crescite et multiplicamini et replete terram, et subiicite eam et dominamini piscibus maris et volatilibus coeli et universis animantibus, quae moventur super terram* » (*Gen.* I, 27-29).

Digitized by Google

gliando e perforando i monti, deviando i fiumi, disseccando i laghi, asciugando le paludi, separando i continenti e congiungendo gli oceani; trovando i mezzi ad attraversare gli stessi mari, penetrare in regioni impervie, a trapiantare ogni sorta di coltura da un luogo all'altro, ad eliminare le condizioni nocive alla sua esistenza, ad abbreviare le enormi distanze con nuovi mezzi di locomozione – e così via discorrendo – l'uomo diventò e si mostrò fino ai giorni nostri l'attuale padrone del campo sulla Terra. (1)

131. — L'epoca nella quale l'uomo apparse sulla Terra, detta perciò anche **epoca antropica** (ἄνθρωπος=*uomo*) ovvero antropozoica, certamente non anticipa l'êra quaternaria. Le prime vestigie che attestano la sua presenza, s'incontrano nell'epoca glaciale, ma lo svolgimento del genere umano sulla Terra succede anche a questa. Le fragili ossa umane di êre anteriori avrebbero forse potuto decomporsi in un modo, di non essere più riconoscibili ai tempi nostri nei varii terreni antidiluviali (n. 118), ma non così gli altri avanzi dell'arte umana, quantunque rozza ed infantile, i quali si trovano veramente negli strati posteriori. Anzi il progresso della perfezione di questi avanzi trovati in strati successivi, cioè di pietre tagliate (ad uso di frecce, di asce, di punte di lancia, ecc.), di varii metalli, specialmente di ferro e bronzo, hanno dato occasione alla nota suddivisione di questo periodo in epoche minori: di pietra, di ferro, bronzo ecc. Più tardi si hanno avanzi di case, di tumuli, di monumenti (menhirs, dolmens), di paesi e città intere. Sebbene tutti questi ritrovati diano una specie di cronologia relativa, sarebbe nondimeno un'intrapresa ardita, voler determinare con cifre esatte gli anni richiesti a seppellire in tal modo quegli avanzi.

132. — Talvolta s'invocò veramente l'astronomia co' suoi calcoli astromeccanici, ad attestare una serie di anni favolosi, che una gratuita interpretazione di certi segni sembrava richiedere, non soltanto per l'esistenza del genere umano sulla terra circa 15 000 anni fa, ma anche di una civilizzazione molto

(1) Non sarà necessario l'avvertire che tutto questo non può essere il fine ultimo della creatura razionale, destinata a fini molto più alti e sublimi in un mondo futuro, assai diverso dal presente, rispetto al quale la dimora sulla Terra è una mera preparazione.

Digitized by Google

avanzata in epoche così remote. (1) Ma tutti questi ed altri simili tentativi sono stati confutati o hanno fatto da sè naufragio per l'insufficienza delle pretese prove. Così per esempio, se si sono trovate ossa di animali dell'êra terziaria con incisioni fatte da mano umana, questo fatto solo non prova ancora la convivenza dell'uomo, con quegli animali, ma prova soltanto che l'uomo sapeva servirsi di quelle ossa ritrovate di animali estinti pe' suoi lavori, come lo fanno ancora oggidì gli Esquimesi delle ossa degli animali usciti dalle ghiacciaie della Siberia. (2) Senza entrare qui in altri particolari di questo soggetto abbastanza alieno dal nostro proposito, basti citare le parole del Lyell e Le Hon, già citate dallo stesso P. Secchi (3) « che non vi sono indizi sufficienti per far rimontare l'**antichità della razza umana** al di là dell'epoca quaternaria », ovvero quelle dello Stoppani: « che non vi sono prove dimostrative finora della convivenza dell'uomo colle belve gigantesche di specie perduta ».

133. — Un fenomeno che per tutto il decorso delle varie epoche cooperò alla struttura del nostro globo planetario, e che tuttora conferisce non poco alle mutazioni accidentali che si osservano, è il cosidetto **flusso e riflusso del mare**, sul quale un breve cenno non sembrerà quindi fuori di proposito. L'oscillazione giornaliera degli oceani, nota sotto questo nome, o quello di maree, è dovuta alla gravitazione universale, secondo la quale l'azione attrattiva esercitata dal Sole e dalla Luna sulle parti fluide della Terra produce

(1) Basterà ricordare la controversia intorno al *Zodiaco di Denderah*, ricordata nella nota del I volume, pag. 424.

(2) Ancora ai giorni nostri s'incontrano tali resti di animali. Così fu trovato nel 1901 nella Siberia alle latitudini di 67 $^1/_2{}^0$ ed alla longitudine di 140° (da Parigi) un mammut quasi intatto, coll'erba in bocca. Non solamente la carne, ma la stessa pelle coi peli lunghi era stata conservata dal ghiaccio preservativo, benchè al tempo della scoperta la testa ed una gamba fossero scoperte e visibili alla superficie del terreno circostante. Cfr. *La Nature*, Revue des sciences, Paris, 1903, I, 391.

(3) *Fisica terrestre*, 171. Qui ed altrove l'illustre autore raccomanda grande cautela prima di affermare. — Talvolta nei cosidetti ritrovati trattavasi di « solenni imposture », alle quali gli stessi minatori, vedendo la smania di certi geologi di fare delle scoperte, senza scrupolo ricorrono, sicuri di una rimunerazione cospicua.

Digitized by Google

questi spostamenti diversi (cfr. I, nn. 383, 389). Il circolo A B C col centro O (Fig. 52) rappresenti il globo terrestre. La linea O L indichi la direzione della posizione lunare. Siccome l'attrazione mutua tra Luna e Terra sta in ragione inversa del quadrato della distanza relativa (I, n. 401), è chiaro che una molecola terrestre in A sarà più fortemente attratta dalla Luna, che non una molecola in O; e questa di nuovo più d'una molecola in C, cosicchè se queste tre molecole fossero libere (non rigidamente connesse), A si avvicinerebbe più ad L che non O, ed O più di C. Quello che si è detto di O vale ugualmente di B B. Da questa differenza di attrazione segue, che le particelle fluide e scorrevoli prendono una posizione diversa da quella dovuta all'attrazione centrale della massa terrestre [modificata dalla rotazione (I, n. 424)]. La superficie del globo tutta quanta coperta di mari (nelle êre primitive) prendeva conseguentemente la forma ellissoidale, indicata dalla curva punteggiata; cioè le molecole circa A relativamente al centro O avanzavano verso L, quelle circa C rimanevano indietro producendo così l'apparenza di un alzamento delle acque [**alta marea**] in queste due regioni (che hanno la Luna più o meno allo zenit ovvero al nadir). Le particelle correnti in questo modo da B verso A e C producevano in B una depressione [**bassa marea**].

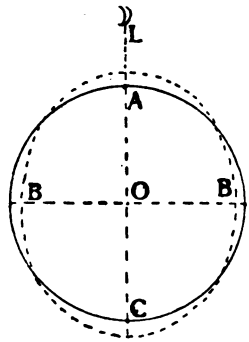


Fig. 52.

134. — Quello che si è detto della Luna, vale anche del Sole, l'attrazione del quale a cagione della sua massa gigantesca è molto maggiore di quella della Luna. Se ciononostante il fenomeno delle maree prende maggiori proporzioni relativamente all'astro minore, questo viene spiegato dalla maggiore vicinanza del medesimo, per la quale la differenza della distanza di A e C dal centro lunare è molto maggiore di quella dal centro solare. Così non può fare meraviglia se la marea solare produce un effetto 2 $\frac{1}{2}$ volte minore della marea lunare. Al tempo poi delle sizigie (I, n. 484), cospirando l'azione dei due astri allo stesso effetto, vi è ma-

Digitized by Google

rea massima, al tempo delle quadrature invece, quando i detti influssi in parte si elidono, marea minima. Dopo la formazione dei continenti le acque dei vari oceani non possono più con tutta la libertà di quei tempi primitivi eseguire il flusso e riflusso con quella grandiosa semplicità; ma si osservano non poche **modificazioni**, dipendenti dalla forma, direzione e profondità dei mari, più o meno favorevoli al libero scorrimento delle onde. Così avviene, che in alcune coste il livello del mare cambia dell'enorme quantità di 24 metri (come nella baia di Fundy, Nuova Scozia), mentre in altre, meno accessibili a tali cambiamenti, una differenza di livello è appena percettibile. La stessa variabile pressione atmosferica, la direzione del vento nelle tempeste e simili cause accidentali conferiscono a modificare il fenomeno. Tutto l'insieme di queste cause secondarie produce quello che chiamasi ordinariamente il ritardo delle maree nei varii mari, cosa che interessa in prima linea non tanto il geologo ovvero l'astrofisico, quanto il marinaio, per conoscere l'ora del cosidetto stabilimento del porto, cioè l'ora quando l'effetto dell'alta marea gli permette la libera entrata nei varii porti. (1) Altre modificazioni facilmente immaginabili vengono prodotte dalla variazione delle relative distanze di Sole e Luna dalla Terra; anche la variabile distanza zenitale di questi astri al tempo della culminazione cambia la grandezza delle maree per un dato luogo.

135. — Premesse queste nozioni generali, si fa palese, che la doppia onda gigantesca dell'alta marea gira intorno alla Terra nello spazio di due successivi appulsi della Luna allo stesso meridiano terrestre, e ciò in senso contrario alla rotazione della Terra; o meglio il guscio marino rimane sensibilmente fermo relativamente alla Luna (ed al Sole), mentre la Terra ferma gira sotto di esso. Da ciò

(1) Gli almanacchi nautici (I, n. 110) sogliono perciò pubblicare ogni anno pei vari porti i tempi giornalieri delle alte maree, tenendo conto dei vari ritardi. L'alta marea colla sua oscillazione periodica prende origine nelle regioni equatoriali, la propagazione verso i poli richiede un tempo considerevole, che per l'arrivo alle coste occidentali dell'Europa già ammonta a 36 ore incirca. Congiungendo sopra una carta marina con linee (curve) i vari punti che hanno simultaneamente la stessa fase di marea, si ottengono le cosidette linee isorachie (ἴσος = *uguale*, ῥαχία = *flusso*).

Digitized by Google

non pochi autori credettero dover dedurre un successivo rallentamento della stessa rotazione della Terra coll'andar dei secoli; infatti il detto guscio acqueo sembra agire sulla Terra come un freno sopra una ruota girante. Si noti però che nel caso delle maree, il freno non è composto delle medesime acque, ma va continuamente rinnovandosi, come si rinnovano le particelle dello strascico vaporoso di una locomotiva, il quale conserva un'apparenza assai costante. Il fenomeno dell'alta marea consiste in un **moto oscillatorio** delle acque che da una parte si alzano, dall'altra si abbassano, senza moto di traslazione contrario al moto terrestre. Le particelle di acqua che trovansi più vicine alla Luna diventano più leggiere, e quindi si alzano relativamente alle altre più pesanti; lo stesso vale delle particelle diametralmente opposte.

136. — Nei tempi, quando tutta la Terra era ancora ricoperta di acqua, l'accennato moto oscillatorio delle sue acque poteva compiersi quasi senza verun ostacolo, senza un lavoro nuovo; pare quindi abbastanza gratuita la conclusione che **la rotazione terrestre** abbia dovuto rallentarsi di molto a cagione del freno delle maree. Tali ostacoli si offrirono però coll'emergere dei continenti, i quali opponendo un vero impedimento allo spostamento libero delle acque, rompendo le onde spumanti che li assaltano da tutte le parti, fanno un vero lavoro, l'energia del quale è perduta per la rotazione del pianeta. Se però oggidì, come osserva bene il P. Braun, [1] dove questi ostacoli sono diventati più frequenti ed hanno una maggiore consistenza, le osservazioni di circa 2000 anni non hanno potuto constatare il minimo rallentamento nella rotazione del nostro globo, si capisce facilmente quanto l'effetto delle maree sulla rotazione terrestre dovea essere più trascurabile, nei tempi preistorici e nelle epoche primarie della nascente Terra.

137. — Un fattore potente sono le maree nelle trasformazioni più accidentali delle coste marine (Fig. 53), le quali vengono corrose dalla continua **azione delle acque.** Manifestandosi poi alle stesse imboccature dei grandi fiumi, le

(1) Karl Braun, S. I., *Ueber Kosmogonie vom Standpuncte christlicher Wissenschaft*, II ed. Münster, 1896.

Digitized by Google

maree cooperano pure al lavorio minimamente trascurabile di questi. Di più le acque, evaporando dagli oceani, precipitandosi sulle terre, correndo giù dalle montagne per le valli, radunandosi nei fiumi e precipitandosi di nuovo, per mezzo di essi, nei grandi riserbatoi dei mari, tendono alla distruzione dei nostri monti e degli stessi continenti, ed alla livellazione della superficie terrestre. (1) Gli immensi burroni scavati dai torrenti, specialmente nei terreni sabbiosi e mobili, le rupi staccate dalle montagne e rotolate al basso, le frane che trasportano talvolta lunghi tratti di terreno tutto in una volta, lo stesso colorito fangoso delle acque dei fiumi, attestano l'ef-

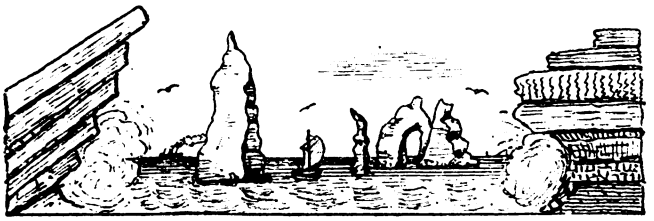


Fig. 53. Azione corrosiva dell'acqua.

ficacia dell'azione di questi agenti, alla quale coll'andar dei secoli gli stessi graniti più duri non resistono. I depositi, accumulati dai grandi fiumi (Gange, Mississippi, delle Amazzoni, ecc.) alla loro imboccatura nel mare, formerebbero ivi vere montagne nello spazio d'un anno solo, se la materia restasse ivi accumulata. Se il nostro Tevere, un vero pigmeo in confronto di quei giganti, ad onta dell'azione demolitrice e dispergente delle onde marine, forma alle sue foci sbarre e fanghiglie nel mare fino ad una distanza di 30 chilometri dalla costa, non è difficile di farsi un concetto del lavoro di quelle acque colossali, le quali costruiscono costantemente nuovi bassifondi nel mare, che coll'andare dei secoli arriveranno a rendersi visibili alla superficie, allargando i continenti, formando nuove isole e forse nuovi continenti.

(1) Questa circolazione perpetua è descritta bellamente nella stessa S. Scrittura: « *Omnia flumina intrant in mare, et mare non redundat, ad locum, unde exeunt flumina, revertuntur, ut iterum fluant* » (*Ecclesiastes*, I, 7).

Digitized by Google

138. — Alla livellazione finora descritta si aggiunga poi quelle delle **grandi alluvioni**, che sogliono accadere specialmente nei climi intertropicali colle vicende delle stagioni. Le nevi dell'inverno formano una specie di grandi serbatoi di acqua sulla cima delle montagne, i quali si aprono colla stagione calda e precipitano l'acqua con tanta abbondanza nelle valli sottostanti, che i fiumi non sono più capaci di contenerla. Straripando essi si versano sulle regioni vicine, formando ivi veri laghi; ritirandosi poi al tempo della magra, vi lasciano i detriti depositati, formando così delle pianure perfettamente livellate. Basta citare la grande pianura della Lombardia, spianata in questo modo dagli straripamenti secolari del Po, dai quali i laghi e le paludi ivi esistenti vennero pian piano colmati e cambiati in prati ridenti e fertili campagne. È noto fin dall'antichità come il Nilo sottraendo terre nuove al dominio del mare, contribuisce in simil modo alla grande fertilità della pianura alluvionale che circonda il Cairo, depositando ivi i fanghi asportati dall'interno dell'Africa.

139. — In questi fenomeni, atti a cambiare l'aspetto del nostro globo in un modo tale, che il cambiamento apparisca anche ad un astro vicino, si manifesta la cooperazione delle forze fisiche principali, che presiedono ad essi. Oltre l'elemento mobile dell'acqua, che sviluppa la sua attività sopra scala così grande, vi è quel suo alleato l'aria; vi sono **le vicende atmosferiche**, che sotto l'alto dominio del Sole manifestano il loro influsso sulle condizioni climatiche del nostro pianeta. È vero, che il controllo di questo influsso si sottrae più facilmente alle nostre ricerche, essendochè noi ci troviamo sul fondo del mare immenso atmosferico, che copre da tutte le parti il nostro pianeta fino ad un'altezza di 200 chilometri in circa (I, nn. 237 e 601). Quale differenza non esiste tra un cielo sereno ed un giorno, quando l'atmosfera s'intorbidisce in modo da oscurare il Sole anche a mezzogiorno? Tutti i nostri studi astronomici sarebbero impossibili, se questo stato dell'atmosfera durasse sempre. L'uomo vivente sulla Terra con occhi quasi bendati, non avrebbe nemmeno un'idea lontana delle migliaia di astri che abbelliscono una notte chiara e serena. Tanto poco ci vuole, per ridurci allo stato di bambini, l'intelletto dei quali non è ancora sviluppato!

Digitized by Google

140. — **La meteorologia**, come scienza particolare, separata dalla fisica terrestre, si occupa in modo speciale dello studio delle vicende atmosferiche. Osservando cioè, coscienziosamente e minutamente di giorno in giorno i varii fenomeni, che si svolgono nell'atmosfera, essa cerca di scoprire le cause generali e particolari dei medesimi per essere in grado, quanto è possibile, di predirne anche l'effetto, prima che avvenga. Registra quindi per mezzo di apparecchi appositi la temperatura e l'umidità dell'aria, la pressione dell'atmosfera, la direzione e velocità del vento, l'evaporazione delle acque, la quantità della precipitazione delle medesime, l'elettricità atmosferica, la frequenza, intensità e distribuzione dei temporali e delle piogge: insomma tutte le meteore (τὰ μετέωρα) dell'atmosfera, per discuterne poi i varii risultati. (1) Come ramo della Fisica cosmica essa si propone l'investigazione del vincolo che unisce i fenomeni delle variazioni atmosferiche con quelle della posizione degli astri, colla luce e col calore del Sole, coll'elettricità e col magnetismo. Lo studio dell'atmosfera terrestre sotto questo punto di vista conferisce non poco alla spiegazione di fenomeni astrofisici, osservati sugli altri corpi celesti, specialmente del sistema solare, ed è per questa ragione che gli osservatorii astrofisici sogliono essere provveduti di un corredo di apparecchi adattati a questo scopo, la descrizione minuta dei quali dobbiamo lasciare ai trattati speciali di Meteorologia e del Magnetismo terrestre, limitandoci qui ad accennare gli effetti più generali e cospicui.

141. — Siccome le grandi correnti marine in mezzo al vasto oceano mantengono direzioni più o meno costanti, dovute a varie cause cooperanti, astronomiche (I, n. 426) e telluriche (II, n. 133), così le **correnti atmosferiche**, ossia l'andamento di certi venti predominanti in mezzo all'oceano aereo,

(1) Quello che rende complicato assai questo studio si è che i detti fenomeni sono diversissimi in diverse regioni, anche poco distanti; perciò nessuno può maravigliarsi che ad onta del materiale di osservazioni, accumulato nei luoghi principali (in alcuni per più di 100 anni), non si è ancor arrivato a poter soddisfare il desiderio del volgo, di predire il tempo con qualche certezza più di poche ore prima, ed è d'uopo convenire, che lo studio del tempo ha poco progredito in ciò che riguarda la conoscenza intima degli agenti che generano le varie fasi del medesimo. Cfr. SCOTT-DENZA, *Meteorologia elementare,* Milano, 1887, pag. 4.

Digitized by Google

mostrano una grande regolarità e costanza, conosciutissima agli antichi viaggiatori, i velieri dei quali sapevano bene utilizzare questa istituzione provvidenziale. La causa principale di cotali correnti deve ricercarsi nell'ineguaglianza delle temperature e nella differenza di densità che ne risultano in varie regioni della Terra. La zona equatoriale E E′ (Fig. 54) viene molto più riscaldata dai raggi solari, che non le regioni di latitudini più alte (I, n. 41). Conseguentemente l'aria fortemente riscaldata che cinge quella zona torrida, si alza in massa verso le regioni atmosferiche più alte. Ivi si dirama in due correnti opposte, dirette verso le regioni polari N ed S. A cagione però dei meridiani concorrenti (in un punto ai poli), lo spazio concesso all'aria defluente dall'alto diventa sempre più ristretto, donde si forma una condensazione abbastanza forte, a farla discendere di nuovo nella latitudine dei tropici del cancro C, e del capricorno C′, per proseguire il viaggio nelle regioni più basse verso i poli. Arrivato ivi in N ed S, la differenza tra l'aria fredda più bassa che incontra, è di nuovo tanta, che la corrente si rialza di nuovo proseguendo ora il suo viaggio oltre i poli nelle regioni alte, per fare una nuova discesa ai tropici, ritornando colle correnti più basse all' equatore, dove ricomincia la medesima circolazione. Le frecce della figura indicano abbastanza il moto descritto, il quale però viene inoltre modificato (I, n. 426) dalla rotazione della Terra intorno all'asse proprio. I **venti alisei** (regolari) della zona tropica, **le calme** equatoriali E E′, tropicali C, C′, polari N ed S trovano così la loro spiegazione. Essendo la causa determinante meno efficace tra i tropici e le regioni polari, le correnti non mostrano ivi quella regolarità che si

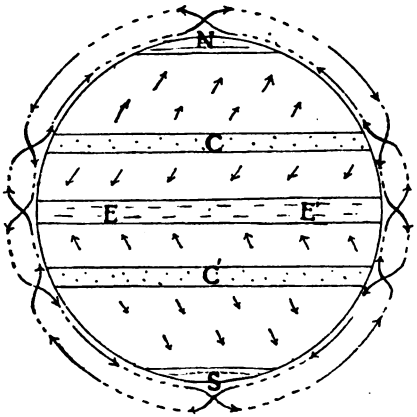


Fig. 54. Correnti atmosferiche.

Digitized by Google

osserva nelle regioni tropicali. Di più le cause perturbatrici sono ivi molto più frequenti. (1)

142. — Gli stessi **turbamenti più violenti** dell'atmosfera che si manifestano nelle tempeste, negli uragani, temporali, cicloni, ecc. non sono senza leggi e regolamenti. Specialmente i cicloni (così chiamati dal moto vorticoso, col quale progrediscono), i quali spandono il terrore tanto sul mare, quanto sui continenti, mostrano una regolarità tale nel loro sviluppo ed andamento, che il loro sopraggiungere nelle varie regioni, può essere preveduto. La velocità poi delle comunicazioni telegrafiche permette anche un previo annunzio alle coste interessate.(2) I marinai poi, grazie alla detta regolarità, conoscono le norme che devono seguire, per evitarli del tutto, ovvero se si trovano già nei terribili vortici della tempesta, sanno l'unico modo possibile di salvarsi, correndo colla nave verso il « *bordo maneggevole* » del ciclone. Il vortice spaventoso deve la sua origine ad un minimo di pressione atmosferica (per es. di 72 cm.) cagionato in un modo qualunque. L'aria circostante tende verso quella regione centrale C (Fig. 55)

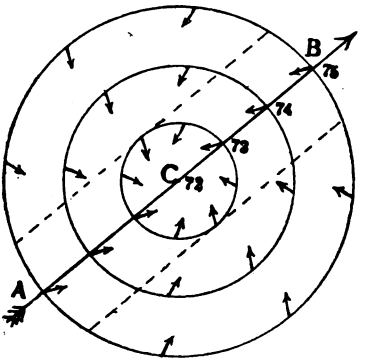


Fig. 55. Ciclone tipico.

(1) Una tal causa è la varia distribuzione tra mari e continenti nelle diverse latitudini; un' altra la variazione delle stagioni (I, n. 363), congiunta colla variabile durata di giorno e notte. Così vengono spiegate quelle correnti particolari chiamate monsoni, che si manifestano in certi mesi dell'anno nell' oceano Indiano, dovute a riscaldamenti eccezionali dei deserti asiatici nella stagione estiva. Si spiegano pure le note *brezze* di terra e di mare. Per ovvie ragioni di giorno la terra è più calda del mare, di notte viceversa l'acqua del mare è più calda della terra; per conseguenza nel primo caso un vento fresco spira dal mare verso il continente, nel secondo accade il contrario.

(2) Gli osservatorii meteorologici di Manila nelle Filippine e di Zikawai in Cina, tutti e due fondati e diretti dai Padri della Compagnia di Gesù, hanno reso e rendono ancora segnalati servizi con simili avvisi ai bastimenti che navigano in quegli oceani pericolosi. Molte migliaia di vite e milioni di tesori commerciali sono stati salvati in questo modo.

Digitized by Google

per ristabilire l'equilibrio turbato dell'atmosfera. Se non vi fosse la rotazione terrestre, questo moto d'avvicinamento si farebbe nel senso radiale dei circoli concentrici che indicano una pressione più forte (di 73, 74, 75 cm.); ora invece quest'aspirazione dei venti si fa in un modo vorticoso indicato dalle frecce.(1) Il giro che nasce da ciò produce una forza centrifuga, che tende a mantenere più a lungo *il minimo* centrale, anzi ad accrescere il suo raggio, di modo che l'area del medesimo suole arrivare all'estensione di 20 fino a 30 klmq., mentre il diametro di tutto il vortice misura circa 700 klm., talvolta coll'avanzarsi da A verso B assume dimensioni due e tre volte maggiori. Il ciclone formato si dirige verso quella parte del globo, verso la quale gli squilibri più generali atmosferici lo spingono; cioè ordinariamente verso una regione, dove l'aria umida e riscaldata è più preparata ad un moto ascendente, richiesto dal vortice. Questo stesso procedimento viene poi nel modo solito modificato dalla rotazione terrestre e dalla direzione dei venti dominanti; manifestandosi un continuo piegarsi del medesimo verso destra nell'emisfero boreale (N) (Fig. 56), verso sinistra nell'emisfero australe (S). Il semicerchio P del vortice, cioè quello voltato verso l'interno della curva AB è considerato più *pericoloso* dai naviganti, l'altro esterno M più *maneggevole*, essendochè una nave che trovasi nell'uno o nell'altro è esposta a maggiore o minore pericolo di naufragio.

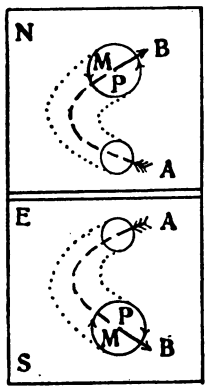


Fig. 56.

143. — Non appartiene allo scopo di questo libro entrare in altri particolari, quantunque interessantissimi; i pochi cenni dati però indicano sufficientemente i principii generali dai quali sono governati simili perturbazioni, che ci serviranno poi nella spiegazione di somiglianti fenomeni osservati sulla superficie di altri pianeti e dello stesso Sole. Essi contengono pure le

(1) La deviazione verso destra delle singole frecce produce un moto giratorio da destra verso sinistra (indicato nella figura) nell'emisfero boreale, da sinistra verso destra nell'emisfero australe (1, n. 363).

Digitized by Google

linee generali delle **variazioni del tempo** sul nostro globo, cagionate dai vari centri di minimi (*ciclonici*) e massimi barometrici (*anticiclonici*), le linee isobariche dei quali (Fig. 57) sono curve meno concentriche e più irregolari con gradienti meno pronunziati. Questi fenomeni, di natura molto più mite, mostrano un andamento meno regolare

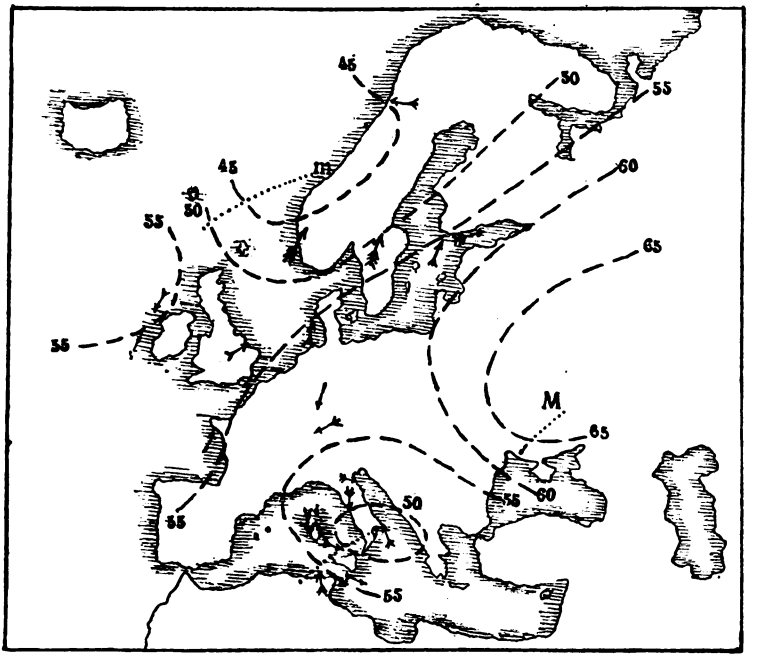


Fig. 57. Linee isobariche (14 marzo 1904).

e molto più soggetto a modificazioni particolari e locali poco controllabili, donde i cosidetti presagi del tempo, che si fondano sopra di esse, rimangono una cosa molto precaria, e quantunque non siano privi di valore scientifico, tuttavia non sono ancora arrivati a quel grado di perfezionamento da soddisfare il pubblico, del resto molto interessato in cotale materia. Lasciamo volentieri tali applicazioni, che eccedono il nostro proposito, ai meteorologisti.[1]

(1) La figura 57 rappresenta le linee isobariche del giorno 14 di marzo 1904. I numeri 45, 50, ecc. indicano le pressioni barometriche

Digitized by Google

ART. VI. — IL MAGNETISMO TERRESTRE. FENOMENI ELETTRICI.

144. — È conosciutissima l'azione della Terra sopra un ago calamitato liberamente sospeso. Il nostro pianeta rappresenta in se stesso una grande calamita, capace di deviare l'ago magnetico dalle varie sue direzioni orizzontali e verticali, e ciò con forza diversa nei punti diversi della superficie terrestre. Siccome i poli magnetici Nord e Sud della Terra non coincidono coi poli geografici, così i meridiani e paralleli magnetici sono diversi dai geografici. La curva irregolare lungo l'equatore terrestre, nella quale l'inclinazione dell'ago libero è nulla, chiamasi equatore magnetico. Le curve isocline, sulle quali il valore dell'inclinazione è lo stesso, sono più o meno parallele a questo, come pure le linee

di mm. 745, 750, ecc. Le frecce la direzione dei venti, l'intensità dei quali è indicata dal numero delle lineette aggiunte, tutto secondo le indicazioni del Bullettino internazionale, *Bureau Central Météorologique* di Parigi, il quale (come il *Bollettino Meteorico dell'Ufficio centrale di Meteorologia e di Geodinamica* di Roma) pubblica simili carte per ogni giorno dietro le notizie telegrafiche ricevute dalle principali stazioni dei vari paesi dell'Europa e dell'Africa settentrionale. In questo giorno si notavano due depressioni, una sulla Scandinavia (con un minimo *m* di 741 mm. in Christiansund), un'altra sull'Italia inferiore (con un minimo di 749 mm. in Brindisi), a queste depressioni cicloniche corrispondeva la pressione alta anticiclonica sulla Russia centrale (con un massimo *M* di 767 mm. in Charkow). I tratti punteggiati indicano la provenienza dei vari centri dal giorno precedente, donde poteva prevedersi il loro andamento pel giorno seguente. Infatti la depressione scandinavica, che era accompagnata da venti burrascosi e caduta di neve in Haparanda, proseguendo la sua direzione leggermente curvata arrivò il giorno seguente (15) presso quella città al nord del golfo di Botnia. Similmente il centro anticiclonico proseguì il suo corso verso la Russia asiatica. La depressione secondaria sull'Italia inferiore, accompagnata da tempo coperto e mare agitato si dileguò. Chi desiderasse spiegazioni più particolareggiate sui principii moderni della previsione del tempo, veda i vari autori, per es., *Meteorologia elementare di Roberto H. Scott*, versione italiana del P. FR. DENZA, Milano, 1887 (401 sgg.); merita ancora oggidì di essere letto l'interessante articolo che ne scrisse il P. SECCHI nel *Bull. Meteorol. del Collegio Rom.*, 1865, pag. 66. Il direttore della Specola Vaticana, il P. RODRIGUEZ O. S. A., pubblica un *Bollettino meteorologico quindicinale*, annunziando il tempo probabile per una quindicina di giorni.

Digitized by Google

isodinamiche, sulle quali si trova la stessa intensità di azione magnetica. Quasi perpendicolari a questi paralleli stanno i meridiani magnetici; avanzando cioè dall'equatore con una bussola di declinazione verso i due poli, seguendo costantemente la direzione dell'ago, coincidente col meridiano astronomico o deviante dal medesimo ora verso est, ora verso ovest, si traccerebbe un meridiano magnetico. Tutti i varii **elementi del magnetismo terrestre**, controllati e misurati da strumenti acconci,[1] sono soggetti a lente, ma continue **variazioni periodiche**.

145. — Il magnetismo, rimase un fenomeno isolato dal resto degli agenti naturali fino alla grande scoperta di Oersted, e ai lavori immortali di Ampère, che lo identificarono coll'elettricità, e secondo i quali la Terra può considerarsi come un elettromagnete animato da correnti dirette da est verso ovest, normalmente al meridiano magnetico. Il magnetismo che si manifesta sul nostro globo terrestre, ormai ha preso posto tra i fenomeni cosmici, cioè deve essere considerato come una forza non più esclusivamente operante sul nostro pianeta. La variazione diurna dell'ago magnetico fu scoperta nel 1722 dall'artista inglese Graham. Ricerche preziose furono fatte al Collegio Romano fin dal 1762 dal P. Asclepi, le quali, confrontate con le osservazioni del P. Secchi, fecero vedere che l'andamento normale della variazione diurna non ha mutato da un secolo a questa parte in Roma. Lavori più continuati ed estesi furono quelli di Cassini all'osservatorio

(1) Il P. Secchi aveva a questo scopo organizzato fin dal 1858 nell'osservatorio astrofisico del Collegio Romano uno spartimento magnetico (il primo in tutta l'Italia) con intero corredo di strumenti che si osservarono 8 volte al giorno nelle ore critiche di ciascun particolare strumento. Per la descrizione di questi apparecchi ed i metodi di osservazione, rimettiamo alle *Memorie dell'Osservatorio del Coll. Rom. d. C. di G.* Nuova serie dall'anno 1857 al 1859, Roma, 1859, pag. v e 185 sgg. Le osservazioni della variazione diurna degli elementi si sogliono fare ora piuttosto per mezzo di apparati automatici, i quali (forniti di piccoli specchi, riflettenti un punto luminoso) registrano fotograficamente le oscillazioni della sbarra magnetizzata nei vari apparati. Per evitare le correnti d'aria che potrebbero sturbare l'andamento regolare di cotesti apparati, essi sono collocati sotto campane vuote ermeticamente chiuse. Cannocchialini appositi permettono l'osservazione diretta.

Digitized by Google

di Parigi. Egli studiò non solamente le variazioni diurne, ma le annue, e quelle di periodi più lunghi; oltre le variazioni regolari notò quelle irregolari, connesse (secondo le sue conclusioni) colle aurore boreali, colla neve, colle nebbie ed anche coi venti di levante. Un nuovo stimolo a simili studi fu dato dalla scoperta di Al. Humboldt (fatta nel 1806 e 1807 in Berlino) di perturbazioni straordinarie, da esso chiamate **temporali magnetici,** che ebbero comunemente luogo (dopo regolari variazioni notturne) avanti il levar del Sole. Misure corrispondenti dei vari elementi mostrarono dipoi, che quelle perturbazioni straordinarie si manifestarono in luoghi, distanti più di 47° di longitudine l'uno dall'altro, ed erano ordinariamente sincrone con grandi aurore boreali, invisibili negli stessi luoghi.

146. — La contemporaneità dei moti dell'ago in luoghi così distanti fece vedere l'ampia sfera di questi fenomeni; ma per essere più sicuri dei bei risultati sembrò necessario allo stesso Humboldt, di moltiplicare le stazioni di osservazioni simultanee nei varii punti del globo [in Posen, Mosca, Pietroburgo, Barnaul, Kertschinsk, Nicolajeff (Crimea) e perfino in Pechino], e così si venne a scoprire che le stesse variazioni diurne, osservate in posti tanto differenti erano parallele. Non ancora soddisfatto di questo primo risultato e per mostrare vieppiù evidentemente il sospettato parallelismo, sopra scala vastissima, Humboldt si rivolse mediante la Società Reale di Londra al Governo britannico, pregandolo di volere stabilire nel suo impero mondiale **osservatori magnetici**, come fu poi fatto a Toronto nel Canadà presso uno dei punti della massima intensità magnetica, a Hobart Town (nella terra Van Diemen) in Australia, quasi antipodo al precedente e presso al polo magnetico d'intensità australe, onde vedere l'opposizione dei moti nelle stazioni opposte. Un terzo fu istituito al Capo di B. Speranza, luogo opportuno per la variazione notabile che le linee magnetiche isogoniche, isocliniche ed isodinamiche soffrono nell'ingresso sul continente africano. Come stazione poco distante dall'equatore magnetico fu scelta l'Isola di S. Elena. Altre stazioni furono erette a Madras (Indie orientali), oltre quelle già stabilite a Greenwich, Dublino ed a Malkerstown (Iscozia). Queste risorse esterne vennero fin dal 1833 opportunamente

Digitized by Google

aiutate da una teoria del celebre Gauss colla quale si poteva determinare l'intensità assoluta della forza magnetica,(1) mentre tutte le determinazioni fatte prima di allora erano relative alla forza osservata in un luogo particolare. Di più l'insigne maestro di questa importante teoria aveva aggiunto la maniera di fare le osservazioni a ciò richieste con una precisione squisita.

147. — Sostituiti di poi gli strumenti automatici (già accennati) a quelli di osservazione diretta, o meglio combinati gli uni cogli altri, scoperte più importanti furono fatte, tra le quali le principali sono: che oltre la variazione diurna, dipendente dal calore del Sole, ed oltre l'annua in rapporto colla distanza perigea del Sole, esiste una periodica di circa 11 anni, coincidente col periodo delle macchie solari. Cosicchè l'influenza del Sole sul magnetismo terrestre era oramai cosa accertata; meno sensibile è quella della Luna. Tra gli scienziati che si segnalarono principalmente in queste ricerche oltre i già nominati, devono annoverarsi Gay-Lussac, Hansteen, Sabine, Erman, Quetelet, Forbes, De La Rive, ecc. – Un luminoso esempio del vincolo (già meno misterioso) che unisce le varie manifestazioni della forza elettro-magnetica, si ebbe nel settembre 1859, quando grandi aurore boreali non cagionarono soltanto **tempeste magnetiche**, ma altresì grandi turbamenti sui telegrafi elettrici con tanta energia da averne azioni chimiche, scintille, scosse, ecc. Rimaneva ancora a decidersi, se l'indubitata azione del Sole fosse un'azione diretta, cioè quella di un corpo magnetico girante intorno alla Terra, ovvero indiretta, cioè quella del calore solare, che genera nella massa e nell'atmosfera terrestre correnti elettriche.

148. — Le **aurore polari** (boreali ed australi) col loro splendore (Fig. 58) visibili sopra vastissime regioni del globo e forse anche da corpi celesti lontani, avevano con ciò svelato la loro natura elettrica. Le perturbazioni magnetiche osservate di giorno in Roma il 2 settembre 1859, furono rigorosamente

(1) « Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata ». Gottingae. Dai calcoli di Gauss risulta che la forza magnetica della Terra è uguale a quella di 8464 trilioni di sbarre d'acciaio, calamitate a saturazione, ciascuna del peso di una libbra (0,56 kgr.),

Digitized by Google

contemporanee a getti luminosi della splendente aurora polare, osservati all' Equatore, alla Guadalupa e perfino nell'altro emisfero nell'Australia e alla Concezione nel Chilì. Negli Stati Uniti del Nord, tra Nuova York e Boston ed in molti altri luoghi si è potuto tenere corrispondenza telegrafica colla sola corrente terrestre dell'aurora, che sorpassava in intensità quelle delle pile con non poca sorpresa degli osservatori. Si notava poi che i fili telegrafici diretti secondo il

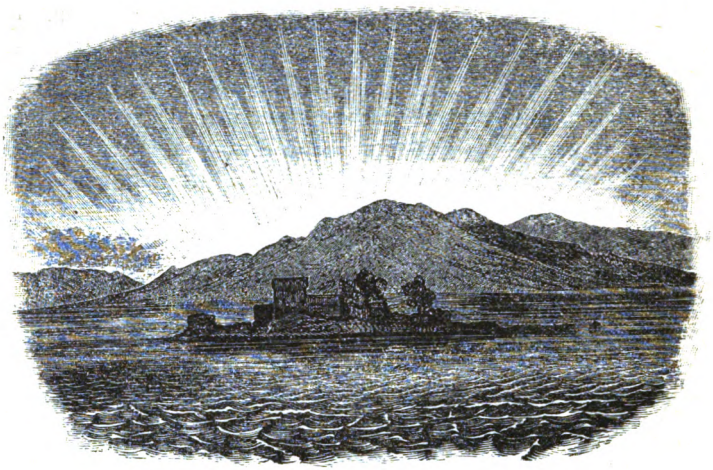


Fig. 58. Aurora polare.

meridiano magnetico erano più influenzati che non i perpendicolari al medesimo, e i superiori nelle varie serie più che gli inferiori. Le macchie solari furono allo stesso tempo assai numerose.[1] La presenza dell'aurora fu notata anche di giorno dalla presenza di cirri lineari spiumati, diretti da N. a S.

Che queste aurore siano un fenomeno atmosferico apparisce dalla semplice osservazione, che esse non seguono il moto apparente diurno del cielo stellato. Le potenti correnti elettriche manifestantesi in esse sono dovute all'aria calda e vaporosa, la quale levandosi alle ragioni equatoriali, porta seco

(1) P. Secchi, l. cit., pag. 231. Compendiamo qui brevemente le rispettive memorie del chiarissimo nostro maestro. Si veda pure *Bollettino meteorol. dell'Osserv. del Coll Rom.*, 1862, pag. 41.

Digitized by Google

una grande quantità di elettricità, che attraversando l'aria umida si scarica sulla Terra nelle vicinanze dei poli, donde nasce poi nella Terra medesima una corrente elettrica, diretta dai poli all'equatore. In vicinanza dei poli, dove l'aria è piena di piccolissimi cristallini di ghiaccio (che danno alle nubi alte la forma di cirri), la comunicazione lenta ed oscura dell'elettricità colla Terra è più difficile; succedono quindi scariche luminose di scintille scoccanti. Così si spiega tutto il complesso dei varii fenomeni osservati nelle aurore polari, specialmente il fatto, che nell'inverno le aurore appariscono più frequentemente, e che nelle regioni polari le medesime si vedono quasi ogni giorno. Importantissimo poi è il **periodo di circa 11 anni** di massima attività, osservato nelle aurore polari, parallelo a quello del magnetismo terrestre in genere, e delle macchie solari.

149. — Scoperto così il nesso tra l'**elettricità atmosferica** ed il magnetismo terrestre, era naturale il domandare, perchè simili perturbazioni straordinarie dell'ago magnetico non vengono osservate in ogni temporale? Perchè (risponde il P. Secchi) durante i temporali anche più violenti, le scariche sogliono essere piuttosto istantanee sopra tratti di terreno relativamente piccolo senza correnti continue. Del resto anche queste scariche producono delle vibrazioni abbastanza percettibili nei magnetografi. Oltre quelle fragorose manifestazioni dell'elettricità atmosferica, molte altre accadono continuamente in modo più tacito e tranquillo; imperocchè anche a ciel sereno l'atmosfera è carica di elettricità (per lo più positiva), la tensione della quale, essendo nulla alla superficie del suolo, cresce coll'altezza. Ora ogni squilibrio meteorologico, che produca condensazione o rarefazione di vapori, produce anche squilibrio di elettricità, e con ciò correnti, per restituire l'equilibrio turbato, le quali correnti vengono poi accusate dagli apparati magnetici. Anzi nessuna grande burrasca atmosferica passa senza una qualche perturbazione magnetica o previa o concomitante, e viceversa nessuna perturbazione accade, senza che si manifesti un qualche cambiamento o successivo o contemporaneo nell'atmosfera.[1]

(1) Questa legge scoperta dal P. Secchi viene provata dal medesimo nelle *Memorie dell'Osserv. del Coll. Rom.* (Nuova serie, vol. II, 1860-62),

Digitized by Google

150. — Senza entrare qui in altri particolari, i quali ci condurrebbero troppo in lungo e ci allontanerebbero troppo dal nostro proposito, concludiamo, che la **sorgente principale** dell'elettricità atmosferica sembra essere l'evaporazione continua della Terra, delle acque continentali e specialmente quella dei mari. Il vapore, separandosi dai sali e dagli altri corpi, si carica di elettricità positiva ed ascendendo in alto la trasporta nelle regioni più alte dell'atmosfera. Il vapore, condensandosi ivi nelle regioni più fredde, precipita di nuovo verso la Terra manifestando ora una tensione elettrica maggiore nelle regioni più basse. Anche i processi chimici che si compiono continuamente sulla Terra, specialmente dove i continenti stanno in contatto colle acque dissolventi dei mari, producono in questi un eccesso di elettricità positiva, di negativa invece nella parte solida della terra. L'evaporazione poi delle acque fa il resto. Gli stessi vulcani proiettano talvolta vapori e ceneri così fortemente elettrizzati, che si veggono guizzare in esse veri fulmini (cf. Fig. 49, n. 124) e svilupparsi veri temporali.

151. — Resterebbe in ultimo luogo da spiegarsi, in che consista lo stesso **magnetismo terrestre**, perchè cioè la Terra funzioni come un grande magnete. Anzi per salvare le apparenze dei fenomeni principali bisognerebbe (secondo Halley ed Hansteen) ammettere due immensi magneti nella Terra incrociati sotto un piccolo angolo al centro della medesima. Si pensava anche che l'esistenza di un ossido di ferro magnetico, dotato di polarità, possa spiegare la cosa; ma rimane assai inverosimile che questo metallo, abbastanza raro nelle rocce accessibili, esista in tanta quantità nell'interno del nostro globo, e di più che sia disposto in modo tale da produrre i fenomeni del magnetismo terrestre. Rimane quindi più probabile l'ipotesi, che questi derivino da una quantità di correnti elettriche circolanti intorno alla Terra nella direzione dei paralleli da est ad ovest.[1] Che la Terra per la sua rotazione diurna

pag. 93 sgg. Altre non meno importanti sono enumerate nel *Bullettino dell'Osserv.*, 1862, pag. 57 sg.

(1) Lo scopritore di questa teoria, il celebre Ampère, distribuì nel modo indicato sopra un globo di legno una serie di correnti elettriche le quali producevano sopra un ago magnetico (sottratto all'influenza terrestre) i medesimi fenomeni del magnetismo terrestre.

Digitized by Google

conferisca da parte sua alla produzione di queste correnti è fuor di dubbio; che il Sole sia l'agente principale nella loro produzione, non può più negarsi. In qual maniera però si generi questa azione non è ancora ben chiaro; qui si offre ampia materia ad ulteriori studi, che continueremo, trattando del Sole stesso.

ART. VII. — SPETTROSCOPIA TELLURICA. ASTROMETEORICA.

152. — Lo spettroscopio è il mezzo principale di cui si serve l'astronomo, per esplorare la **natura delle sostanze** che compongono i corpi celesti. Rispetto alla Terra, sulla quale ci troviamo, molti altri mezzi sono a nostra disposizione per analizzare la chimica costituzione de' suoi corpi elementari semplici, sia che questi si trovino in istato solido, liquido o aeriforme. Si distinguono praticamente due classi principali dei medesimi: metalloidi e metalli. Tra i primi si annoverano ordinariamente le 15 sostanze seguenti: arsenico, azoto (*nitrogenium*), boro, bromio, carbonio, cloro, fluore, fosforo, idrogeno, iodio, ossigeno, selenio, silicio, solfo, tellurio; delle rimanenti sostanze (più di 50), chiamate metalli, basti enumerare alcune soltanto delle più conosciute: alluminio, argento, calcio, magnesio, mercurio, niccolo, oro, piombo, platino, potassio, rame, sodio, stagno, zinco.

153. — Non ostante la molteplicità dei metodi dell'analisi chimica rimane un fatto rimarchevole, che alcune delle sostanze semplici (non enumerate nella precedente lista) furono scoperte per mezzo dello spettroscopio sopra corpi celesti lontani, prima che la loro presenza sulla Terra fosse nota. Così una linea caratteristica nello spettro solare presso D o meglio presso la linea doppia D_1 e D_2, chiamata perciò $D_3 = 587$ μμ (n. 54), che si cercava invano nello spettro delle sostanze terrestri, fece sospettare al P. Secchi, che si trattasse di una sostanza nuova sconosciuta sulla Terra, alla quale poi dietro la proposta del Frankland fu dato il nome di **Elio** (ἥλιος = *sole*), cioè sostanza solare. Quegli che la scoprì primo sulla Terra, fu il prof. Palmieri di Napoli, il quale fin dal 1882 osservò la stessa linea nello spettro delle

Digitized by Google

materie incandescenti, eruttate dal Vesuvio. L'osservazione però non verificata da altri, trovò poco credito, finchè come è noto, l'inglese Lord Rayleigh riuscì a scoprirla insieme con un altro elemento nuovo chiamato Argon, estraendo quest'ultimo da un metallo raro chiamato Cleveïte. Ora sottomettendo l'elio ai soliti sperimenti di gabinetto, si trovarono altre particolarità importanti di questa « *sostanza solare* », cioè che nell'ordine di densità (3,88) veniva immediatamente dopo la sostanza meno densa di tutte (idrogeno = 1) e che oltre la linea D_3 vi erano altre linee nello spettro dell'elio. La recentissima scoperta del Radio (*radium*) con otto linee spettrali, delle quali cinque coincidono con quelle dell'elio, fa sospettare, che l'elio formi in qualche modo una componente di questa nuova sostanza tanto singolare.

154. — Nessuno aspetterà in questo nostro articolo una particolareggiata analisi delle varie sostanze semplici e composte, che trovansi sulla Terra, essendo questa una materia da trattarsi nei libri speciali di chimica, ovvero nei trattati generali dell'analisi spettrale. (1) Notiamo soltanto, che nell'**enumerazione delle righe spettrali**, proprie di ciascun elemento, oltre le rispettive lunghezze di onda (n. 54), si suole anche aggiungere il colore, nel quale queste si trovano. Per togliere però ogni ambiguità specialmente nelle regioni di transito da un colore all'altro, è necessario di precisare il **limite dei sette colori** del resto ben distinguibili nello spettro. Secondo il LISTING questi colori si estendono come segue: *il rosso* da $\mu\mu$ 723,4 a 647,2; *l'aranciato* da 647,2 a 585,6; *il giallo* da 585,6 a 534,7; *il verde* da 534,7 a 491,9; *l'azzurro* da 491,9 a 455,5; *l'indaco* da 455,5 a 424,1; *il violetto* da 424,1 a 396,7.

155. — **Lo spettro dell'aria**, e la modificazione che il passaggio dei raggi luminosi celesti attraverso l'atmosfera terrestre cagiona nelle linee spettrali dei corpi celesti, meritano qui una speciale menzione. Esaminando gli

(1) Un elenco abbastanza completo con indicazioni delle varie fonti trovasi nel trattato di KAYSER, *Lehrbuch der Spectralanalyse*, Berlin 1883, pag. 219-350. Chi desidera una cosa più perfetta consulti l'opera grande dello stesso autore che si sta pubblicando in Bonn sotto il titolo: *Handbuch der Spectroscopie* (5 volumi).

Digitized by Google

spettri dei varii metalli, facendo scoccare nell'aria libera una scintilla elettrica tra elettrodi metallici, si osservarono certe linee identiche nei varii spettri, le quali furono dipoi identificate colle linee spettrali dell'aria, ossia dei gas che la compongono, cioè dell'azoto, ossigeno, idrogeno, carbonio e sodio. Il Kayser (loc. cit.) enumera del tutto 163 linee aeree, cioè nel rosso 3, nell'aranciato 14, nel giallo 19, nel verde 31, nell'azzurro 36, nell'indaco 31, nel violetto 29. Ora secondo i principii dell'inversione dello spettro (n. 46-49) è chiaro, che le righe nere dello spettro solare possono essere dovute all'assorbimento d'un'atmosfera solare. Ma la questione rimase aperta, se in questa inversione non entrava anche qualche assorbi-

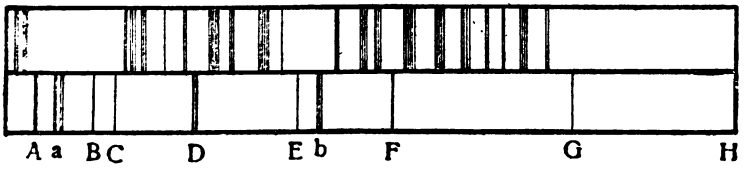


Fig. 59. Righe telluriche dello spettro solare.

mento da parte dell'atmosfera terrestre. Ciò sembrava da principio abbastanza evidente dal semplice fatto, che certe righe e gruppi interi di righe oscure solari cambiavano regolarmente in intensità colla variante altezza del Sole sopra l'orizzonte. Sono cioè nerissime e ben visibili, se il Sole trovasi presso l'orizzonte; diventano poi meno percettibili, anzi alcune scompariscono del tutto, se il Sole sta molto alto ed i raggi solari attraversano uno strato atmosferico più sottile. (1)

156. — Le righe così notate furono giustamente chiamate **righe telluriche**. La parte superiore della figura 59 rappresenta i gruppi più facilmente osservabili, confrontati colle righe spettrali ordinarie di Fraunhofer (nella parte inferiore). Un

(1) Il primo che osservò questa cosa, come dimostra il P. Lais (*Atti dell'Accad. de' Nuovi Lincei*), 1904, p. 167) fu il P. Secchi. Un altro mezzo per distinguere le righe telluriche (*tellus*, *Terra*), è la riversione dello spettro (num. 69). Cornu poteva distinguerle già con un semplice moto vibratorio del telescopio, col quale ora il lembo orientale del Sole, ora l'occidentale, cadde sulla fenditura, cagionando così il noto spostamento delle righe solari, mentre le atmosferiche, rimanevano al loro posto (cf. Fig. 34, loc. cit.)

Digitized by Google

gruppo nel rosso presso C, è dovuto principalmente all'ossigeno dell'aria, mentre un altro gruppo nel giallo presso D, viene cagionato dal vapor d'acqua esistente nell'atmosfera. Anzi, come dimostrò il celebre spettroscopista CORNU, l'intensità di queste linee permette di valutare la quantità relativa del vapor d'acqua esistente nell'atmosfera.[1] Vi sono molte linee atmosferiche sottili in tutto il resto dello spettro; nell'azzurro queste diventano così fitte, che sembrano strie o bande di assorbimento. Il potere assorbente del carbonio e del vapor d'acqua si manifesta particolarmente nell'infrarosso. Dall'osservazione, che le righe telluriche dovute all'ossigeno ritengono quasi la stessa intensità colle varie altezze del Sole, sembra giustificata la conclusione, che il vapor d'acqua diminuisce molto più rapidamente nelle alte regioni dell'atmosfera che non l'ossigeno.

157. — L'astronomo Janssen (Parigi) fece studii speciali sullo spettro del **vapor d'acqua**. Nel 1864 egli osservò attraverso lo strato atmosferico vaporoso cagionato dall'evaporazione del lago di Ginevra, un fuoco acceso distante 21 km. le linee atmosferiche dovute al vapor d'acqua (invisibili in prossimità del fuoco) erano ben visibili quando il lago trovavasi frapposto tra l'osservatore e la sorgente luminosa. In un altro sperimento, fatto a Parigi, lo stesso Janssen fece uso di un lungo condotto (come sogliono usarsi per condurre il gas o l'acqua a grande distanza) pieno di vapor d'acqua e chiuso alle due estremità con lastre di vetro. Collocando da una parte una fiamma ben luminosa e dall'altra lo spettroscopio, si videro esattamente le stesse righe di assorbimento. Queste si estendono oltre il violetto fino a 200 $\mu\mu$ da una parte, mentre dall'altra oltrepassano il rosso fino a 763 $\mu\mu$.[2]

158. — Oltre le meteore accennate negli articoli precedenti che contribuiscono colla loro cooperazione al cambiamento

(1) Se le righe hanno la stessa intensità non ostante la variata altezza del Sole, la quantità del vapore d'acqua sarebbe proporzionale al coseno della distanza zenitale del Sole. Per mezzo di osservazioni simultanee, istituite a varie altezze sul livello del mare, potrebbe forse valutarsi anche la quantità assoluta del vapor d'aqua esistente nell'aria.

(2) Nel 1895 in occasione dell'eclisse totale di Luna lo stesso astronomo propose questo nuovo modo ingegnoso per la determinazione

Digitized by Google

della struttura interna o almeno dell'aspetto esterno del nostro pianeta, v'ha ancora un'altra classe di meteore ottiche, le quali devono pure la loro origine a modificazioni straordinarie dei raggi luminosi attraversanti la nostra atmosfera, e devono quindi essere studiate cogli altri **fenomeni astro-meteorici**. Tra questi si annoverano per esempio l'arcobaleno, le aureole, gli aloni, i parelii colle varie corone, la stessa colorazione del fondo celeste, la scintillazione delle stelle e le stelle cadenti. Riservando la discussione di questi due ultimi fenomeni a luogo più opportuno, degli altri diamo alcuni cenni più generali, rimandando i lettori desiderosi di una esposizione più particolareggiata ai trattati maggiori di Meteorologia. Di tutte queste apparenze può dirsi in generale, che sono dovute alla riflessione, rifrazione e dispersione dei raggi luminosi dei varii astri del cielo nell'atmosfera terrestre, specialmente quando questa contiene molto vapor d'acqua più o meno condensato.

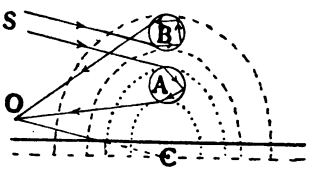


Fig. 60. Arcobaleno doppio.

159. — L'**Iride** (ἶρις) o arcobaleno è un fenomeno abbastanza conosciuto, di cui anche i libri di fisica sogliono dare sufficienti descrizioni insieme coll'esposizione dell'andamento dei raggi solari (paralleli SA, SB, Fig. 60) rifratti e riflessi nelle goccioline di acqua che trovansi sospese nell'aria in tempo di pioggia. Secondochè la riflessione nell'interno di ciascuna gocciolina è semplice (A) o doppia (B), i raggi emergenti dalle medesime, arrivando all'occhio (O) dello spettatore generano in questo l'imagine dei noti due archi colorati coi varii colori spettrali. L'arco dovuto alla riflessione semplice (A) è più chiaro e più piccolo, ed ha il colore rosso

delle righe telluriche nello spettro solare. Come è noto, in tale occasione la Luna non diviene quasi mai del tutto invisibile, ma risplende in una luce debole e rossiccia a cagione dei raggi solari rifratti nell'atmosfera terrestre nell'interno del cono ombroso (I, num. 513). Orbene questa luce, prima di giungere al nostro occhio, ha attraversato ben due (anzi tre) volte l'atmosfera terrestre, quindi l'assorbimento dovrebbe essere molto maggiore; rimane soltanto la difficoltà della debolezza di questa luce.

Digitized by Google

(meno rifratto) voltato verso l'interno, l'altro (B) è più grande, parallelo al primo, ma anche più languido (alle volte affatto invisibile) a cagione della doppia riflessione, la quale rovescia anche l'ordine dei colori.[1] I raggi efficaci, cioè quelli che escono dai globetti nella direzione dell'occhio dell'osservatore (come vedesi nella figura) trovansi necessariamente coi varii colori tutti nella superficie di altrettanti coni, che hanno per vertice lo stesso occhio (O), e per asse il prolungamento O C della linea che passa per il Sole e per il detto vertice, essendo O C || S A || S B.[2] La costanza dell' apertura degli angoli A O C e B O C (da 40° 16′ a 42° 2′ e da 50° 59′ a 54° 10′) dipende dalla rifrazione dei detti raggi efficaci; quelle che hanno un'incidenza e rifrazione diversa nelle goccioline, non arrivano in O, cioè rimangono inefficaci nella formazione delle imagini dei due archi.[3]

(1) Anche la Luna produce le sue iridi, ma con luce molto più debole, di modo che si distinguono i colori soltanto, se l'arcobaleno si proietta sopra un fondo assai oscuro. In quanto alla figura è inutile avvertire, che quella veduta ideale degli archi in iscorcio si è fatta, per rendere più sensibile l'andamento dei raggi. In natura ciascun osservatore ha il suo proprio arcobaleno, che si proietta sempre sul fondo del cielo come un arco perfetto, senza poter essere visto da un altro, posto altrove.

(2) Questa considerazione geometrica era già nota ad Aristotele (*Meteorologicorum*, lib. III, cap. 4).

(3) I raggi solari si riflettono nei globetti anche più di due volte, uscendo anche verso O, dopo 3, 4, 5, 6, 7, 8 riflessioni. Si noti però che l'indebolimento della luce in questa molteplice riflessione è tale, che gli archi rimangono invisibili. Di più, una quarta, settima ed ottava riflessione farebbe uscire il raggio, dal globetto d'acqua, dalla parte avversa al Sole, quindi si vedrebbero gli archi allora piuttosto come corone intorno ad esso supponendo il Sole velato da uno stratarello di tali globetti. Chi vedesse un terzo o quarto arco, opposto al Sole, vedrebbe realmente gli archi dovuti alla quinta e sesta riflessione. Vi è però un caso di archi baleni molteplici, talvolta osservato dai marinai; quando cioè il Sole, riflesso dalle acque, produce nelle nuvole archi rovesciati, che sarebbero anche archi interi, se le nuvole che cagionano il fenomeno fossero abbastanza alte. – A compimento della teoria esposta sarebbe da aggiungersi, che oltre la rifrazione e riflessione anche l'interferenza della luce si manifesta nel fenomeno dell'arcobaleno, donde i suoi colori talvolta secondo la grossezza dei globetti acquosi sono non poco alterati. Quando i globetti sono piccolissimi, come quelli della nebbia, che va diradandosi sotto l'azione del calore solare, si vedono archi quasi perfettamente bianchi. Cf. Dressel, *Physik*, 2ª ed., p. 833. Freiburg, 1900.

Digitized by Google

Se l'asse O C sta nel piano dell'orizzonte, cioè se il Sole si leva e tramonta con un arcobaleno, questo formerà due semicerchi perfetti al di sopra dell'orizzonte; se invece O A è orizzontale, il Sole avrà un'altezza di 54°, l'arcobaleno diventa invisibile (sotto l'orizzonte). Per questa ragione si vede raramente un'iride a mezzogiorno, ossia al tempo della culminazione del Sole, se questa avviene più o meno a quell'altezza. Quando i globetti d'acqua sospesi nell'aria si trovano soltanto in certi punti delle superficie coniche, si vedrà soltanto un pezzo di arco.

160. — Aureole o corone chiamansi quegli anelli colorati, che appariscono intorno al Sole, alla Luna ed anche ai pianeti ed alle stelle maggiori in tempo nebbioso. Esse, col loro diametro variabile, sono il risultato dell'interferenza e diffrazione dei raggi luminosi nei globetti d'acqua che trovansi in quelle nuvole sottili, che in tal caso coprono gli astri rispettivi. In esse come in tutti gli spettri prodotti dall'interferenza (n. 51), il color rosso trovasi al di fuori, il violetto verso l'interno dell'anello colorato. Si possono osservare simili fenomeni, guardando semplicemente la fiamma d'una candela attraverso i vapori dell'acqua bollente.(1) Le corone lunari si vedono più frequentemente, perchè la luce più debole della Luna le fa più facilmente vedere sopra il fondo del cielo più oscuro. Per vedere meglio quelle del Sole, giova osservarlo mediante un vetro oscuro (affumicato), ovvero guardare piuttosto l'imagine del Sole specchiata nell'acqua. Che non solamente i globetti d'acqua esistenti nelle nuvole, ma anche la

(1) Alle volte la mattina sullo svegliarsi si osservano senz'altro simili anelli attorno al lume acceso. Essi sono dovuti ai globetti di sangue che durante il riposo notturno si diffondono per la membrana che si estende sulla parte anteriore dell'occhio e sull'interiore delle palpebre. Anzi gli stessi peli delle palpebre semichiuse producono simili fenomeni di frange iridate.

Aureole sogliono anche chiamarsi quei circoli colorati, che si veggono attorno all'ombra della testa proiettata sopra la nebbia, ovvero su di un piano ricoperto di rugiada. La spiegazione di questi fenomeni, che hanno poco interesse per l'astrofisica, vedonsi nei trattati di ottica e nelle varie monografie citate dal GÜNTHER (*Geophysik*, 2ª ed. Stuttgart, 1899. II vol., pag. 129).

Sulla Corona solare appartenente al Sole stesso tratteremo nel capitolo sul Sole.

Digitized by Google

polvere sottile, di cui l'aria talvolta è ripiena, è capace di produrre simili fenomeni, si prova sperimentalmente, guardando la Luna attraverso un vetro consparso di semi di licopodio. Il diametro delle corone dipende dalla grossezza dei globetti acquosi; diminuisce cioè col crescere di questi, e siccome i globetti crescenti e più grossi cadono più facilmente, i meteorologisti vedono giustamente nel diminuirsi dei detti diametri un segno di vicina pioggia.

161. — Gli Aloni,[1] anch'essi circoli colorati intorno al Sole, differiscono dalle Corone ordinarie specialmente in ciò, che sono di diametri costanti e che la successione dei colori è inversa, cioè il rosso si trova all'interno, il violetto verso l'esterno. Da questo solo, come dalla varietà del fenomeno, si vede già che devono avere una origine diversa. L'apparizione degli Aloni è sempre accompagnata dalla presenza di nuvole molto alte e leggerissime (chiamate cirri) le quali consistono in minutissimi cristallini di ghiaccio, sparsi nell'alta regione dell'atmosfera, cioè all'altezza media di 9 km. circa. Questi cristallini colla varia loro disposizione, riflettendo e rifrangendo i raggi luminosi, producono l'interessante fenomeno, il quale nelle regioni polari, dove le condizioni richieste si verificano più facilmente, si osserva quasi ogni giorno. Invece di un anello solo se ne vedono anche di più, cioè 2, 3, 4, 5, 6, la distanza regolare e le configurazioni geometriche dei quali hanno stimolato non pochi ingegni, a trovare una spiegazione completa e soddisfacente. Nei punti

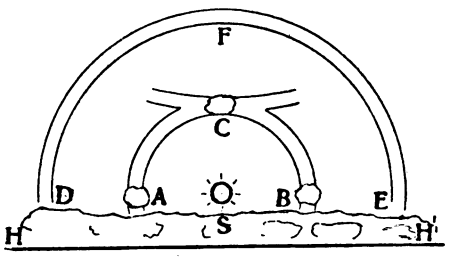


Fig. 61. Aloni osservati dall'autore.

(1) Il nome è derivato dal greco ἅλως che significa generalmente *area*, e particolarmente *aia*, cioè quello spazio (comunemente circolare) spianato, accomodato per battervi le biade ed il grano. Aristotele diede già questo nome al nostro fenomeno, e Seneca adottandolo nota espressamente che con ciò (*sive areae sive coronae sint*) non si decide niente intorno alla natura di quei fenomeni [*Natur. quaest.*, lib. I, cap. 2].

Digitized by Google

d'incrociamento degli anelli si vedono parvenze luminose che colla loro forma e collo splendore imitano il Sole stesso; si chiamano perciò **Parelii** (παρὰ-ἥλιος), cioè Soli falsi o secondari. Simili parvenze intorno alla Luna vengono chiamate Paraselene (σελήνη = *luna*).

162. — La figura 61 rappresenta un esempio di aloni con parelii, da noi stessi osservati all'osservatorio astronomico Haynald di **Kalocza** il 29 maggio 1883. I due grandi cerchi concentrici intorno al Sole S avevano raggi medii di 24° e 48°. L'altezza del Sole, quando si vedeva il fenomeno in tutto il suo splendore, circa le 6 $^1/_2$ della mattina, era di 24° incirca. Si distinguevano bene i colori in tutti e due gli anelli, specialmente gli estremi, il rosso trovandosi all'interno dell'anello F ed all'esterno di A C B. Due parelii erano ben visibili in A e B, all'altezza del Sole S. Un terzo parelio in C verticalmente sopra S era men deciso, e da questo spuntavano come due corni gli archi incipienti di una terza grande corona tangente alla prima. Al di sotto tutta la bella configurazione era troncata da uno strato di nuvole D E, parallelo all'orizzonte H H', Tutto il resto del cielo era coperto da un leggerissimo velo di cirri. L'alone esterno D F E scomparve già dopo una mezz'ora verso le 7; l'interno invece A C B rimase visibile fino alle 10 $^1/_2$.

163. — Aloni somiglianti, più o meno complicati, rappresentanti varii tipi, hanno acquistato una certa celebrità nella storia di questi fenomeni; donde si parla semplicemente del tipo Romano (osservato dal P. Scheiner in Roma il 24 gennaio 1630),[1] del tipo Parigino (osserv. dallo Huygens il 12 maggio 1667),[2] del tipo Danzicano (osserv. dallo Hevel il 30 marzo 1660), ecc. Tra tutti questi aloni osservati l'ultimo di **Danzica** con 6 Soli falsi è il più interessante. Lo descriviamo colle parole dello stesso Hevel (Fig. 62).[3]

(1) Cf. GASSENDI, *Opera*, tom. VI. 401.

(2) *Dissertatio de coronis et parheliis*, pag. 55. Cfr. HUGENII, Opuscula posthuma. Amstelodami 1728 (Opera vol. II).

(3) La figura rappresenta il fenomeno delineato sopra un globo e veduto dal di fuori (I, num. 49), per ciò i quattro punti cardinali (S', W', N', E') dell'orizzonte hanno una disposizione insolita. Eseguendo il disegno sopra un globo materiale l'armonia e simmetria dei varii circoli apparisce ancora più nettamente come nota lo stesso Hevel (*Mercurius in Sole visus*, append. pag. 174).

Digitized by Google

Il 20 febbraio 1661, giorno di domenica, verso le ore undici e mentre il Sole già si avvicinava al meridiano in un cielo del tutto sereno, si videro distintamente **sette soli** allo stesso tempo, dei quali alcuni erano piuttosto bianchi, altri diversamente colorati e con lunghe code. La disposizione era questa: intorno al Sole vero A (circa 25° elevato sopra l'orizzonte) si vide un cerchio quasi completo GBIC, di un diametro di 45 gradi, il lembo inferiore era appena $2\frac{1}{2}$ gradi sopra l'orizzonte. Il cerchio aveva i colori dell'iride, cioè violetto, giallo e rosso; ai due lati in B e C verso ovest ed est si osservarono due *soli falsi*, colorati special-

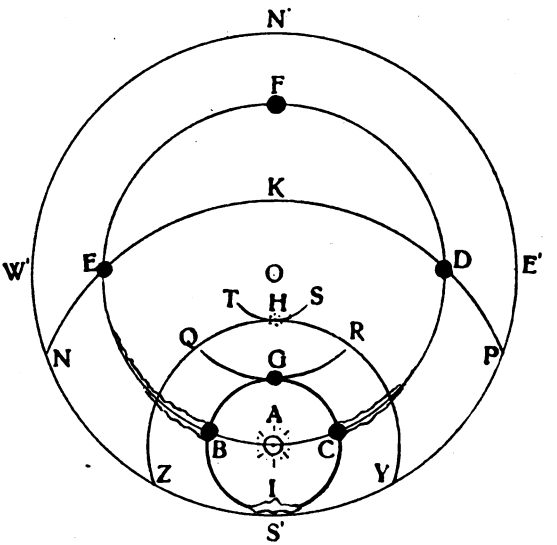


Fig. 62. Aloni con sette Soli osservati in Danzica nel 1660.

mente dal lato del Sole A, con due code lunghissime d'un colore bianchiccio, come due tizzoni. Un altro cerchio concentrico ma molto maggiore YHZ, con un diametro di circa 90°, troncato dall'orizzonte in Y e Z, brillava con varii colori, specialmente nella parte superiore H; gli archi laterali erano meno luminosi. Dai punti culminanti H e G dei due cerchi partivano due archi circolari con curvatura inversa TS e QR, molto splendenti con tinte iridate; il loro centro comune stava nel punto zenitale O; i diametri erano di 90° e 45° rispettivamente. Nel punto più basso (G) dell'arco maggiore, cioe dove questo stava in contatto col cerchio BGC, si vedeva un terzo *sole falso*, ma poco luminoso e poco colorato. Un cerchio enorme BEFDC di colore uniforme quasi bianco, con un diametro di 130°, parallelo all'orizzonte e 25° distante da questo si esten-

Digitized by Google

deva tutto intorno da un sole falso B all'altro C. In esso si videro tre novi parelii DFE d'un colore uguale bianco ed argenteo, disposti in modo che tra essi ed il Sole A vi rimasero interstizii di 90°, cosicchè F, opposto ad A, stava verso nord, E verso ovest, D verso est. Pei *soli falsi* E e D e per K (polo dell'eclittica) passava un cerchio massimo, terminato dall'orizzonte (S'E'N'W') nei punti N e P, intersecando l'eclittica sotto angoli retti. In D ed E si vedevano perciò due grandi croci bianche. Si contavano così in tutto sette soli; anzi se si avesse osservato il fenomeno un poco prima, si avrebbero senza dubbio potuto vedere altri due parelii in H ed I; ora vi si vedeva ancora un certo albore. In questo caso la somma dei soli osservati sarebbe arrivato a nove.

164. — Questo stupendo e meraviglioso spettacolo durò dalle ore $10\,^1/_2$ incirca fino alle 11 e 51 min., ma non sempre con tutta la mostra della bellezza, nella quale appariva verso le 11. Passata quest'ora cominciava a svanire una cosa dopo l'altra. Primo scomparve il sole falso F nel nord con una parte del suo cerchio; gli altri parelii coi loro circoli rimasero fino alle ore 11 e min. 10. Allora colle croci rispettive si dileguarono prima il sole falso orientale D, poi quello occidentale E. Poco dopo si vide un cambiamento alternativo di luminosità e di colori nei due parelii laterali B e C: verso le ore 11, min. 18, il parelio B verso ponente era molto luminoso, mentre quello C verso levante era molto debole; verso le ore 11 min. 24 invece questo orientale era di nuovo splendidissimo, e potè essere osservato fino alle ore 11, min. 40, quando quello occidentale B era diventato del tutto invisibile, benchè la sua coda fosse stata sempre più cospicua di quella dell'altro, estendendosi molte volte fino a 30°, anzi talvolta fino a 90°, cioè fino al sole falso E; mentre quello orientale C non era mai più lungo di 20°. Alle ore $11\,^1/_2$ il circolo YHZ era scomparso, ma gli archi inversi in H e G rimasero fin all'ultimo coi due parelii B e C.(1)

165. — La nostra figura (61) è contenuta in quella (62) di Evelio, e così la costante somiglianza di tutte le altre figure riprodotte dai vari autori, mostra che la causa del fenomeno deve contenere anche essa certi elementi costanti. Che questi elementi siano da ricercarsi nella nostra atmosfera, lo mostrano gli aloni simili intorno alla Luna colle loro *lune false*. La figura e la descrizione lasciataci dallo stesso Hevel intorno alle **paraselene** osservate in Danzica il 30 marzo 1660, potrebbe sembrare una semplice riproduzione della nostra figura (61) dei parelii, osservati due secoli più tardi.(2) Qualche aggiunta modifica talvolta un poco il fenomeno. Così lo stesso assiduo osservatore vide il 17 dicembre del medesimo anno 1660

(1) Con nomenclatura più moderna il circolo orizzontale bianco (B E F D C) chiamasi *cerchio pareliaco*, il sole falso F (opposto ad A) *antelio*.

(2) Cf. HUGENII, op. l. c. pp. 70, 71.

Digitized by Google

una grande croce bianca di colore d'argento diramare le sue braccia dalla Luna vera S (cf. la fig. 61) verso tre lune false (A, B, C), mentre la trave verticale stava come piantata sull'orizzonte.[1]

166. — Troppo ci dilungheremmo entrando in una minuta spiegazione di tutte le particolarità del complicato fenomeno, quale però l'ha dato già il Huygens nella sullodata dissertazione [che occupa non meno di 72 pagine (in 4°) ed inoltre è accompagnata da un corredo di 8 tavole con 29 figure]. Tutti gli autori convengono che **la causa principale** di tutte queste parvenze è da ricercarsi nella rifrazione e riflessione, che i raggi solari o lunari subiscono lambendo quei piccoli cristalli di ghiaccio che si trovono sospesi nei cirri. La costanza dell'indice di rifrazione del ghiaccio spiega la costanza della deviazione, dalla quale dipendono i diametri degli aloni. Se questi piccoli aghi di ghiaccio cominciano a liquefarsi, le goccioline aderenti cagioneranno facilmente un'orientazione prevalente, determinata o dalla gravità o dal vento, e così nasceranno quei circoli orizzontali intorno allo zenit dell'osservatore. Dove i varii cerchi s'incrociano, il raddoppiamento dell'intensità luminosa produce i cosidetti falsi soli, i quali perciò non formano mai dischi netti, come il Sole vero, ma aree luminose più o meno rotonde, della grandezza del Sole, ma di contorni mal definiti. Oltre la rifrazione e riflessione della luce, anche la diffrazione dei raggi luminosi, prodotta dai piccoli interstizi dei singoli cristalli e globetti, di figura e grandezza varia, avrà senza dubbio la sua parte, specialmente nei fenomeni accessori degli aloni (num. 158).

167. — **L'aria pura** è quasi perfettamente trasparente (διαφανής = *diafana*), cosicchè un occhio buono, anche senza l'aiuto del cannocchiale, arriva a vedere il pianeta Venere a mezzogiorno;[2] anzi in certe circostanze favorevoli una stella

(1) HUGENII, l. c. p. 70. – Le descrizioni di simili fenomeni, date da altri autori poco versati in tali osservazioni, non sono sempre scevre di esagerazioni fantastiche. Hevel invece è conosciutissimo tra gli stessi astronomi come osservatore esatto e coscienzioso. Lo stesso dicasi di Ugenio e Scheiner.

(2) Di questo potremmo dare molti esempi, che in parte trovansi enumerati nella nostra Memoria, *Studi sul moto rotatorio del pianeta*

Digitized by Google

fissa di prima grandezza può essere osservata di giorno. La tranquillità e trasparenza dell'atmosfera è una cosa di grande importanza nelle osservazioni astronomiche; per cui gli astronomi sogliono notarla nei loro diarii, per ricordare poscia, che grado di precisione possa ascriversi alle osservazioni fatte.(1) Generalmente parlando le regioni più basse dell'atmosfera sono (per ragioni ovvie) le meno pure, e siccome inoltre i raggi orizzontali devono attraversare una sezione molto più lunga di questo strato, che non i raggi verticali, si capisce senz'altro, perchè gli astri vicini all'orizzonte appariscano meno luminosi, e perchè lo stesso Sole possa essere guardato senza pericolo speciale dell'occhio. Le regioni più alte dell'atmosfera offrono invece un cielo più limpido e trasparente e conseguentemente gli osservatorii astronomici, situati fuori delle città sopra la vetta di qualche montagna, sono in migliori condizioni che non quelli situati nelle basse vallate e in luoghi polverosi. Si noti inoltre che i difetti di un'aria meno pura ed agitata si fanno molto più sentire nei grandi cannocchiali, che non nei piccoli (I, num. 182).

168. — Non sembrerà fuori di proposito di fare qui anche breve menzione di un'illusione ottica, secondo la quale i **dischi solari e lunari** presso l'orizzonte appariscono non solamente di figura ellittica (I, num. 263), ma anche assai più grandi di quello che sembrano quando stanno più in alto; anzi le stesse costellazioni avvicinandosi all'orizzonte paiono occupare aree più estese sul fondo del cielo.

Venere (Pontif. Accad. dei Nuovi Lincei, vol. XVI). A persuadere altri della cosa, basta fissare la direzione della visuale mediante un tubo senza vetri. È vero che anche un tale tubo, allontanando la luce laterale nociva, giova alla visibilità, però trovato così l'oggetto, si potrà vederlo anche guardando di fuori nella medesima direzione. ARISTOTELE dice già (*De generatione animalium*, V, 1) che si possono vedere le stelle nei pozzi. Questa asserzione da molti viene messa in dubbio, perchè tutti gli sperimenti fatti sembrano provare il contrario. Probabilmente lo Stagirita si appoggia sul testimonio di astronomi Caldei ed Egiziani, i quali più facilmente potevano in qualche rara circostanza vedere un pianeta ovvero una stella di prima grandezza che passava allo zenit dell'osservatore, rispecchiata dalle acque di un pozzo abbastanza profondo.

(1) Si usano a ciò segni convenzionali, per es. notando con varii numeri (*Aria* 1, 2, 3, 4, ecc.), i varii gradi delle accennate condizioni.

Digitized by Google

Che si tratti di una mera illusione, si vede da ciò che le misure astrometriche dei diametri (tenendo conto della rifrazione) non mostrano nessun ingrandimento. Il fatto però dell'accennata illusione è così accertato, che dai tempi di Aristotele e di Plinio è stato oggetto di scientifica discussione e lo è ancora ai giorni nostri. Le ragioni principali di questa illusione furono già accennate nell'Astrometria (I, num. 7, 8) ed è da notarsi che non l'una o l'altra di quelle cause produce l'effetto esclusivamente, ma che influiscono tutte insieme, cioè il confronto più facile con oggetti terrestri di nota dimensione, il contrasto di luminosità tra il disco luminoso ed il fondo oscuro del cielo, l'agitazione dell'aria, l'effetto della quale si elimina più facilmente nelle misure teloscopiche, ecc.[1] Di più, è una cosa abbastanza constatata dall'esperienza, che lo stesso oggetto guardato in un piano orizzontale sembra più grande che non quando viene osservato in una posizione diversa.[2] La diversità nella stima di tali oggetti dipenderà non poco da ciò, quanto l'osservatore sia avvezzato a correggere il giudizio spontaneo in simili circostanze, cioè di considerare come effetto di prospettiva aerea gli oggetti più confusi come più lontani e perciò in confronto coi più vicini anche più grandi; dipenderà non meno dalla qualità degli occhi e altre condizioni fisiologiche che si sottraggono ad una discussione matematica.

169. — **Il colore del cielo sereno** è una tinta decisamente azzurra specialmente verso il zenit. Nelle regioni più vicine all'orizzonte l'azzurro tende più al bianco, e se il Sole sta come immerso nelle medesime, la parte del cielo circostante si colora di tinte gialle, aranciate e rosse, le quali secondo la quantità dei vapori sospesi nell'atmosfera mostrano una vivacità e bellezza che rapisce ed incanta. Se questi vapori sono condensati in nuvole, secondo la qualità e disposizione di queste, i colori diventano ancora più pittoreschi e più svariati e le superbe **aurore mattutine** ed i magnifici effetti

(1) Intorno a questa agitazione porteremo alcuni esempi nell'articolo sulla scintillazione delle stelle.

(2) Si osservi per esempio il diametro maggiore della piazza di S. Pietro in Roma dalla piazzetta vicina (Rusticucci) e dall'alto della cupola cosicchè la distanza dell'occhio sia la stessa.

Digitized by Google

dei **crepuscoli vespertini**, specialmente nelle nostre latitudini intermedie, hanno sempre formato un oggetto di ammirazione per tutti, specialmente per i poeti e pittori (I, num. 237). L'astronomo vi trova tutte le gradazioni dello spettro solare, cagionate da un giuoco continuo di riflessioni, rifrazioni, interferenze, diffrazioni, ecc., dei raggi solari, lambenti o attraversanti quelle goccioline d'acqua, quei polviscoli atmosferici, quei cristallini microscopici di ghiaccio e di neve che trovansi in agitazione continua. Talvolta il Sole in queste circostanze, cioè poco prima del levare e poco dopo il tramonto, è circondato da una magnifica raggiera di getti luminosi, causati dalla luce, che penetra per gli intervalli delle nuvole. La divergenza di questi raggi, resi visibili dalla riflessione dei detti corpuscoli e vapori atmosferici, è però un effetto di mera prospettiva (I, num. 606) di raggi perfettamente paralleli, come diventa più manifesto dalla convergenza dei medesimi verso il punto del cielo opposto al Sole, tante volte osservato dall'autore nei bei tramonti del Sole, che si vedono in Roma dall'alto del Gianicolo e del Pincio.

170. — Il **colore azzurro** forma un distintivo del bel cielo d'Italia in questo senso, che i giorni di un cielo del tutto sereno sono ivi più frequenti che nelle regioni più nordiche dell'Europa. Questo colorito particolare è dovuto alla luce diffusa del Sole che si riflette sopra quei globetti microscopici del vapor d'acqua che trovasi al primo stadio di condensazione. Generalmente parlando, un mezzo diafano (che assorbisce una parte della luce trasmessa), posto davanti ad un fondo oscuro (come sarebbe il fondo del cielo per noi senza l'atmosfera terrestre) riverbera una luce azzurra. Se i suoi strati sono però troppo densi, la luce riflessa è piuttosto bianca. Così si spiega che le terre circondate dal mare mostrano un cielo più azzurro e più puro, e ciò nell'inverno più che non nell'estate, più verso lo zenit che verso l'orizzonte.

Se altre sostanze meno diafane come la polvere delle campagne non coltivate, le sabbie dei deserti, le ceneri dei vulcani e simili vengono lanciate nelle alte regioni atmosferiche, il fondo apparente del cielo prende un **colorito diverso**, lugubre, pesante, poco trasparente. Il Sole allora può essere guardato impunemente a qualunque altezza si trovi, senza che sia ne-

Digitized by Google

cessario di proteggere l'occhio con un vetro offuscante. Il nerofumo col quale si suole annerire una lastra in simili circostanze viene supplito dalla detta polvere; conseguentemente si vede il Sole come un disco rossiccio con contorni netti e precisi, essendo assorbiti del tutto i raggi riflessi dall'atmosfera circostante, mentre dei raggi diretti soltanto le onde più corte subiscono l'assorbimento. Ciò non esclude che secondo la natura del mezzo, il colore del Sole possa prendere qualche tinta tendente più al giallo o verde.

171. — Esempi di tali osservazioni abbondano. Basti perciò ricordare qui quello osservato quasi sopra tutto il globo terrestre nell'occasione della terribile eruzione vulcanica, avvenuta il 26 agosto 1883 nello stretto della Sonda (n. 127), la quale lanciò le sue ceneri ad un'altezza tale, che i **crepuscoli straordinarii**, cagionati dal loro riflesso ed osservati in quasi tutti i paesi del mondo, durarono per mesi interi. Noi stessi li osservammo in Berlino, dove erano di una intensità tale che tutto il cielo, lungo tempo dopo il tramonto del Sole, pareva riflettere i lugubri colori rossi di un immenso incendio. Il Sole e la Luna furono in molti luoghi veduti come dischi offuscati, variotinti, come sogliono apparire attraverso i vapori e fumi di quelle regioni dove abbondano i fumaioli dei grandi stabilimenti industriali. (1)

Art. VIII. — Massa terrestre.

172. — L'aggregato delle particelle di un corpo determinato chiamasi la sua **massa** (I, n. 400), l'estensione secondo

(1) L'autore, trovandosi un giorno (14 luglio 1885) di passaggio in un tal paese (Widnes, Lancashire, Inghilterra) vide la sera il Sole prima del tramonto sormontato da una colonna luminosa verticale, un fenomeno che vide un'altra volta in Roma il 24 gennaio 1900. La colonna di colore tendente un poco verso il rosso, era larga come il (diametro orizzontale del) Sole, il quale nel primo caso mezzo immerso in dense nuvole, era ancora visibile sopra l'orizzonte, nel secondo era già sceso sotto l'orizzonte, ma sull'orizzonte stesso giaceva come un argine uno strato densissimo di nubi. Il cielo nel primo caso era coperto di cirri leggieri, nel secondo era perfettamente sereno al di sopra del detto strato; in questo la colonna solare terminava all'altezza di circa 25 gradi; in quella invece si osservò al termine un arco troncato simile a quello degli aloni (cf. QGR, fig. 62). Dopo le cose esposte di sopra la spiegazione non sarà difficile, benchè i due fenomeni appartengano a cause diverse.

Digitized by Google

le tre dimensioni dello spazio il suo **volume**. Sebbene tutti i corpi fossero composti di particelle di volume e peso uguale, ciò non ostante, due corpi determinati X ed Y dello stesso volume V avrebbero masse diverse, se nel detto volume (p. es. di un centimetro cubo) dell'uno le particelle fossero più condensate che nell'altro. Se uno avesse un numero doppio di particelle, la sua massa M sarebbe doppia dell'altra ($M = 2\,M'$), la sua **densità** D sarebbe pure doppia dell'altra ($D = 2\,D'$); cioè le masse di due corpi di egual volume stanno come le loro densità

$$M : M' = D : D'$$

la massa di un corpo può quindi considerarsi come il prodotto del volume V e della densità D; cioè $M = VD$; $M' = V'D'$; imperocchè il rapporto tra massa e volume indica la sua densità

$$\frac{M}{V} = D;\ \frac{M'}{V'} = D'$$

Noi non possiamo valutare la massa precisa di un corpo determinato, se non indirettamente, p. es., per mezzo del suo **peso**, ossia per mezzo della pressione che esercita il corpo sopra un sostegno in virtù della gravitazione universale, della quale si suppone che sotto condizioni identiche agisca ugualmente sopra le singole minime particelle di un corpo qualunque. Così sapendo che un centimetro cubo di acqua pesa un grammo, un centimetro cubo di piombo pesa $11{,}_{35}$ grammi, concludiamo che la densità del piombo è più di undici volte più grande di quella dell'acqua, ossia che un centimetro cubo di piombo contiene una massa circa undici volte maggiore della massa contenuta in un centimetro cubo di acqua.

173. — Il nostro problema si riduce quindi a questo: di bilanciare il nostro globo terrestre. Se la Terra fosse di massa omogenea, cioè se lo stesso volume di sostanze terrestri contenesse anche sempre la stessa massa, la cosa sarebbe assai facile, essendo note le dimensioni (I, n. 290) e con ciò il volume del pianeta terrestre,[1] basterebbe determinare coi

(1) Il volume della Terra è uguale a 1 082 841 322 500 kmc., la superficie equivale a 509 950 741 kmq.

Digitized by Google

metodi della bilancia ordinaria il peso specifico d'un volume qualunque di cotesta massa omogenea. Ma è evidente che questa omogeneità di materia non esiste; ci vogliono per conseguenza altri **metodi indiretti** per arrivare all'intento, dei quali per amor di brevità indicheremo qui soltanto i principali, notando però allo stesso tempo la grande importanza del problema, non soltanto per l'astrofisica, ma pure per l'astromeccanica (I, n. 401); imperocchè la determinazione della cosidetta **Costante della gravitazione** (universale) è intimamente connessa col risultato di queste ricerche. Il valore $\varkappa$ di questa costante indica il risultato dell'attrazione scambievole di due masse del peso di 1 gr. ciascuna, distanti 1 cm. l'una dall'altra. Siccome secondo la legge Newtoniana la gravitazione universale agisce sopra tutti i corpi (dell'universo) in ragione diretta delle masse, ed in ragione inversa del quadrato delle distanze, conosciuto $\varkappa$, l'attrazione a di due masse qualunque $m\ m'$ ad una distanza qualunque d, sarà determinata dalla semplice formola:

$$a = \frac{m\ m'}{d^2} \cdot \varkappa.$$

174. — Che la terra, generalmente parlando, debba essere circa 5 ovvero 6 volte più densa dell'acqua, fu già ingegnosamente congetturato in questo modo dallo stesso NEWTON: (1) « Quando i pianeti, dice egli, erano ancora delle masse interamente fluide, le sostanze più dense doveano necessariamente raccogliersi intorno al centro. Se il nostro globo terraqueo avesse una densità media minore dell'acqua, le terre galleggianti sull'acqua, emergerebbero soltanto in parte; le acque invece andrebbero a radunarsi tutte da una parte del globo in un grande oceano. Ora vediamo invece che le parti solide della superficie terrestre hanno una densità circa due volte maggiore di quella dell'acqua; anzi, scendendo a terreni più profondi, troviamo una densità 3, 4 e 5 volte maggiore. Concludiamo quindi, che la densità media sarà probabilmente cinque o sei volte maggiore della densità dell'acqua ». Infatti metodi più rigorosi, dipoi adoperati per la determinazione

(1) *Philosophiae naturalis principia mathematica*, lib. III, propositio X.

Digitized by Google

della quantità cercata, hanno confermata l'opinione del grande astronomo. Tra questi è da noverarsi in primo luogo quello della **Deviazione del piombino** in vicinanza di una grande montagna.

175. — Un pendolo O P (Fig. 63) sia sospeso in O; O V indichi la direzione della verticale; il pendolo, a cagione dell'attrazione della montagna M, mostri una deviazione α. La direzione A P sarà evidentemente la risultante dell'attrazione generale del globo terrestre (che può considerarsi come residente nel centro della Terra) rappresentata (quanto alla direzione ed intensità) dalla linea A B $\parallel$ O V, e dall'attrazione particolare del centro di gravità della montagna, rappresentata similmente dalla linea A C.

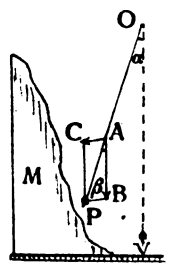


Fig. 63.

Indicando con M' la massa (da cercarsi) della Terra, con r il raggio terrestre, l'attrazione del pendolo, secondo la componente AB, sarà rappresentata dalla formola $M : r^2$; notando con d la distanza del centro di gravità di M da P, l'attrazione particolare della montagna sarà rappresentata dalla formola $M : d^2$. Chiamando β l'angolo A P B ed essendo $AB = M' : r^2$; $AC = M : d^2$, avremo le seguenti proporzioni:

$$\frac{M'}{r^2} : \frac{M}{d^2} = \frac{AB}{AC} = \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{M' d^2}{M r^2}; \text{ ossia } M' = \frac{M r^2 \operatorname{sen}\beta}{d^2 \operatorname{sen}\alpha}.$$

L'angolo α viene determinato astronomicamente; la distanza d, come l'angolo β, dipendono dal sito del centro di gravità della montagna, la massa M della quale può trovarsi mediante ricerche geologiche. Dunque l'incognita M' dell'ultima equazione potrà essere determinata. Misure esatte, eseguite a questo scopo (dal 1774 al 1776) da Maskelyne ed Hutton, e controllate di nuovo dal Playfair (1810) nella Scozia in vicinanza del monte Shehallien (in Perthshire), hanno fornito il valore $M' = M_{\odot} = 4{,}713$; cioè la densità media della Terra è quasi cinque volte maggiore della densità dell'acqua. Il luogotenente James (1855) misurando con simile metodo, ma con mezzi più perfezionati, la deviazione cagionata da un monte

Digitized by Google

(*Arthur's Hill*) presso Edinburgo, trovò come risultato $M_{\oplus} = 5{,}32$.

176. — **Le oscillazioni del pendolo**, a cagione del nesso (I, n. 423) che esiste tra la lunghezza (l) del pendolo, l'accelerazione della gravità (g) ed il tempo (t), nel quale esso compie un certo numero di oscillazioni, forniscono un altro metodo per la determinazione della massa terrestre. Un pendolo batta p. e. esattamente i minuti secondi (compiendo cioè 3600 oscillazioni in un'ora) al livello del mare. Se questo pendolo fosse collocato 5 km. più alto, la forza della gravità g sarebbe diminuita di $\frac{r^2}{(r+5)^2}$, supposto che il raggio locale terrestre r sia espresso in kilometri. Dello stesso valore dovrebbe essere diminuita la lunghezza l del pendolo, affinchè questo continuasse a battere i minuti secondi (supposto però che tra il pendolo in quell'altezza e la superficie livellata terrestre non si trovi altra massa).

Se invece il pendolo fosse elevato a quell'altezza sopra un'alta montagna, la diminuzione di g verrebbe in parte compensata dalla massa M di questa, frapposta tra la superficie della Terra ed il pendolo.[1] La variata lunghezza del pendolo (battente i secondi), differente da quella che fa astrazione dalla montagna, somministra il metodo di valutare la detta massa in proporzione alla massa terrestre.

In questa maniera, osservazioni fatte dal Carlini (1823) in Bordeaux e sul monte Cenisio, diedero per la densità della Terra il valore 4,39; corretto di poi (1840) dal Giulio in 4,95.

177. — I metodi testè spiegati hanno l'inconveniente che la determinazione della massa di un monte non si può quasi mai fare colla dovuta precisione; donde sembrerebbe preferibile di costatare l'effetto dell'attrazione particolare d'una massa ben conosciuta, quale sarebbe per es. quella della g r a n d e p i r a m i d e d i C h e o p s nell'Egitto. Ma allora, adoperando

(1) Simili esperimenti potrebbero farsi in pozzi abbastanza profondi. Allora lo strato sferico terrestre sovrastante diventa inefficace rispetto all'attrazione verso il centro. Di questo strato accessibile alle ricerche geologiche si può più facilmente determinare la densità media (circa 2,56) e quindi dedurre quella del globo sottostante dalla gravitazione rimasta efficace.

Digitized by Google

lo stesso metodo, l'angolo di deviazione sarebbe appena di 1″, e conseguentemente i difetti delle misure micrometriche degli angoli si farebbero più sensibili. Si ebbe perciò ricorso ad un altro metodo, quello cioè della **bilancia ordinaria**, pesando una massa determinata prima nel modo solito, poi in presenza di un'altra massa considerevole, collocata al di sopra o al di sotto della medesima, e notando lo squilibrio cagionato in questo modo. Se la bilancia è molto sensibile basterà già una grossa palla di piombo per costatare una diminuzione od aumento del peso ordinario. Difatti se riteniamo la stessa nomenclatura dei numeri precedenti chiamando m la massa della palla grossa, avremo come espressione della proporzione delle tre pesate

$$P : P' : P'' = \frac{M'}{r^2} : \frac{M'}{r^2} + \frac{m}{d^2} : \frac{M'}{r^2} - \frac{m}{d^2}$$

dalla quale si ricava il valore di M′ ossia $M_{\oplus}$.

Il fisico inglese (I. H. Poynting (Cambridge) ottenne con questo metodo il valore $M_{\oplus} = 5{,}69$; ripetendolo più tardi con maggiore precisione trovò (1878) invece $M_{\oplus} = 5{,}4934$.

178.—La bilancia di Cavendish (Fig. 64), adoperata allo stesso scopo, consiste in due palline uguali ($p\,p$) di piombo, sospese alla estremità di un'asta orizzontale ($a\,b$), la quale nel punto di mezzo m trovasi sospesa mediante un filo metallico ($m\,c\,s$), attaccato in s, ad un sostegno $s\,x$. Due fili che passano da c alle estremità ($a\,b$) servono semplicemente ad impedire la flessione dell'asta orizzontale ($a\,b$). Ad un apparecchio simile A S B due grosse palle di piombo P P, del peso di 158 kgr. ciascuna, sono sospese per mezzo di due verghe verticali A P e B P. Il triangolo di sospensione A S B mediante la corda S X, avvolta intorno ad una carrucola in S, è gire-

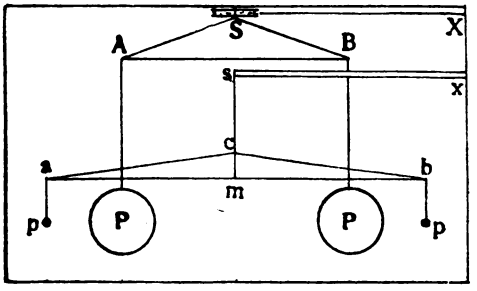


Fig. 64. Bilancia di Cavendish.

Digitized by Google

vole intorno alla verticale $s\,m$, di modo che le due palle P P possano venir avvicinate a piacimento alle palline $p\,p$. Ora il filo metallico verticale di sospensione ($s\,m$) mantiene le due palline in una posizione determinata di equilibrio orizzontale, purchè le due palle grosse equidistanti dai medesimi non disturbino questo equilibrio, facendo cioè l'asse orizzontale A B, con quello $a\,b$ un angolo azimutale di 90°. Trovandosi per es. questo nel piano del meridiano, l'altro si trovi nel primo verticale (I, n. 35). Appena si avvicinano le palle grosse a quelle piccole, queste risentono l'attrazione delle medesime e torcendo leggermente il filo metallico tendono a spostarsi, girando intorno alla verticale $s\,m$. Per l'inerzia del moto cominciato, le palline oltrepassano la posizione, nella quale la torsione del filo farebbe equilibrio all'attrazione; ma poi fermandosi ritornano verso la posizione di prima, oltrepassando (per la stessa ragione), la posizione d'equilibrio dall'altra parte; insomma si produce un moto oscillatorio orizzontale delle palline piccole (a foggia dell'ago magnetico di una bussola, portata fuori della sua posizione normale).

179. — Il numero delle oscillazioni fatte in questo modo in un tempo determinato, come nel caso del pendolo ordinario, permette di valutare le variazioni della gravità in luoghi diversi, così permette qui di valutare la forza colla quale le palle grosse attirano le piccole. Imperocchè se con n indichiamo il numero delle oscillazioni fatte per es. in un'ora dalle palline p, p, sotto la sola attrazione delle palle grosse P, P, e con n' quello di un pendolo verticale ordinario della massa μ e della lunghezza $m\,a$ sotto l'influsso della gravità terrestre, è chiaro che la proporzione delle forze attrattive della massa terrestre e delle masse P, sarà quella di n ed n'; cioè supponendo, come disopra, la massa terrestre espressa da M', quella delle palle grosse da M, indicando inoltre con r il raggio terrestre, con d la distanza dei centri di P p, avremo:

$$n : n' = \frac{M'}{r^2} : \frac{M}{d^2} = \frac{M'\,d^2}{M\,r^2} \text{ ossia } M' = \frac{M\,n\,r^2}{n'\,d^2}.$$

Eseguendo il calcolo, Cavendish trovò in questo modo dietro le sue osservazioni (1798) per la densità terrestre il valore 5,48;

Digitized by Google

il quale però dopo una revisione fatta dall' Hutton sarebbe da cambiarsi in 5,32, ovvero secondo il Baily in 5,44.

180. — Per eliminare l' incertezza nelle frazioni decimali del valore trovato gli sperimenti incominciati dal Cavendish furono più tardi ripetuti da varii osservatori con apparati e con metodi più perfezionati. Tra questi meritano una speciale menzione il lodato Baily di Londra, il quale da più di duemila osservazioni dedusse come risultato medio finale il numero 5,66. Il tedesco Reich (Freiberg) trovò invece dalle sue osservazioni fatte nel 1837 il numero 5,44; da rinnovati sperimenti (1847 al 1850) 5,5832. I due francesi Cornu e Baille ottennero (1872 e 73) come valore medio 5,56. Finalmente il P. Braun S. I., direttore emerito dell'osservatorio astronomico di Kalocza, da una lunga serie di sperimenti fatti con un apparato di sua propria costruzione,[1] ottenne come risultato finale il valore di 5,527, e più accuratamente (secondo una recentissima aggiunta) la densità media della Terra sarebbe $D_{\oplus} = 5{,}52725 \pm 0{,}0012$, il quale valore darebbe per la **Massa terrestre** l' enorme **peso** di chilogr. 5 987 047 000 000 000 000 000 000 cioè di 5 987 047 trilioni di chilogrammi; per **la costante della gravitazione**[2] $\varkappa = 665{,}786.10^{-10}$ Dini.

181. — Concludiamo con uno **specchietto dei risultati** principali finora ottenuti:

1775	Maskelyne	4,71	1878	Poynting	5,493	
1798	Cavendish.	5,48	1880	Jolly . .	5,692	$\pm$ 0,068
1837	Reich . .	5,49	1885	Wilsing .	5,58	$\pm$ 0,01
1843	Baily . .	5,66	1894	Boys . .	5,5270	$\pm$ 0,002
1850	Reich . .	5,58	1896	Richarz .	5,505	$\pm$ 0,009
1878	Cornu e B.	5,56	1898	Braun .	5,52725	$\pm$ 0,0012

Da ciò si vede che il numero 5.5 per la **densità media della Terra** può considerarsi come sufficientemente accertato;

(1) Il dotto lavoro fu stampato dall'Accademia imperiale delle scienze di Vienna sotto il titolo: *Die Gravitationsconstante, die Masse und mittlere Dichte der Erde nach einer neuen experimentellen Bestimmung.* Wien, 1896. Denkschriften, Band 64.

(2) *Dine* (*Dyn* dal greco δύνω, δύω = *posso*) chiamasi l'unità di una forza costante, la quale, agendo per 1 secondo, imprime alla massa di 1 grammo l'accelerazione 1 (ossia la velocità di 1 centimetro in 1 secondo).

Digitized by Google

esso contiene una splendida conferma della sovracitata (n. 174) asserzione di Newton: *Verisimile est, quod copia materiae totius in terra quasi quintuplo vel sextuplo maior sit, quam si tota aqua constaret.* Dal fatto poi, che la densità media (2,5) della crosta terrestre più superficiale è molto inferiore al detto valore, segue che le parti più dense trovansi più verso il centro del nostro globo, cosa del resto naturalissima.

182. — La crescente densità verso l'interno del globo sembrerebbe poi involvere la conseguenza, che il cosidetto **nucleo terrestre** debba essere non solamente solido, ma solidissimo e rigidissimo, cioè di una densità maggiore di quello dell'acciaio più duro. È però da notarsi che rispetto alla stessa sostanza lo stato di rigidità, in confronto con quello d'una fluidità (più o meno maggiore), non involve necessariamente maggiore densità. Anzi non pochi sperimenti fatti coi metalli più pesanti (ferro, oro, zinco, stagno, rame ecc.), hanno provato, che il volume di questi col passaggio allo stato solido piuttosto aumenta. Per conseguenza le parti esterne irrigidite non vanno necessariamente a sprofondarsi nell'interno della massa fluida o pastosa, la quale perciò conserva lo stato di **magma rovente** già descritto di sopra (n. 110 sg.). Il passaggio però dalla crosta solida a quello del detto fluido non deve concepirsi come un passaggio subitaneo, ma come un transito successivo da una rigidità maggiore ad una minore, da questa ad una viscosità, prima più, poi meno forte. Molto meno devesi concepire la crosta solida della terra come staccata per mezzo di grandi vani dal magma interno. Se fosse così, il flusso e riflusso della massa liquida interna si farebbe indubitatamente sentire più disastrosamente sulla superficie stessa con pulsazioni violente.

183. — Parlando poi della maggiore o minore plasticità del nucleo terrestre, bisogna tener conto di uno stato intermedio tra quello fluido (anche gassoso) e quello solido; i corpi che trovansi in questo stato potrebbero chiamarsi solidi gassosi ovvero gas solidificati. La temperatura elevatissima di uno o più centinaia di gradi impedisce qualunque combinazione dei corpi semplici, i quali si troveranno quindi in quelle profondità in una dissociazione perfetta, e nessuna pressione è più capace di trasmutare lo stato di ag-

Digitized by Google

gregazione dei gas, i quali già trovansi nel cosidetto stadio critico. La differenza di quei gas (esistenti nell'interno della Terra sotto la colossale pressione delle masse sovrastanti), e dei corpi solidi pastosi, sta in ciò che le molecole ritengono tutta la loro agilità e forza di movimento, dimodochè, appena liberate dalla pressione, riempiono con impeto esplosivo qualunque spazio concesso alla loro espansione. Così pure si spiega che sotto il magma rovente non esistono e non possono esistere vani più o meno ripieni di gas nello stato ordinario; si spiega inoltre, come in quella massa centrale gassosa le particelle trovansi per tutta la massa in un equilibrio indifferente; imperocchè appena una certa quantità viene trasferita da una causa qualunque ad un posto diverso, ad uno strato di pressione diversa, essa si accomoda subito all'ambiente, come una goccia d'acqua sta indifferentemente alla superficie ovvero sul fondo del mare.(1)

COROLLARIO. — LA GEOGONIA NATURALE COMPARATA COLLA GEOGONIA MOSAICA.

184. — Chi studia le varie teorie geogoniche, dedotte dai fatti osservati e fondati sulle leggi naturali, non deve trascurare il lato storico della questione, cioè quello che dicono le tradizioni più antiche dello stesso genere umano. Ora tra questi documenti **la narrazione mosaica**, ossia la descrizione compendiata, lasciataci da Mosè, specialmente nel primo capitolo del libro del *Genesi*, sulla creazione e sul successivo sviluppo del mondo in genere (e della Terra in ispecie), merita un posto primario. Tutti quelli poi, i quali venerano, come devesi, nelle sacre pagine della Sacra Scrittura l'ispirata parola d'una rivelazione divina, vi provano un interesse tutto particolare, di vedere stabilita l'armonia dovuta tra i risultati della scienza e le verità rivelate. È cosa per sè evidente che, stabilito una volta il fatto della rivelazione, tra questa e le verità assicurate della scienza non possa essere vera contradizione; è d'altronde cosa utilissima, additare

(1) Chi desiderasse di studiare più minutamente i particolari delle questioni, qui soltanto toccate, può consultare utilmente il libro di GÜNTHER, *Handbuch der Geophysik*, 2ª ed. Stuttgart, 1897, nel quale si trova inoltre citata quasi al completo la letteratura rispettiva.

Digitized by Google

i varii punti dell'accordo tra l'una e l'altra, tra la natura e la fede, tra la scienza e la rivelazione; e ciò tanto più, che ai giorni nostri non mancano uomini anche eruditi, i quali non senza artifizi retorici cercano di dimostrare tutto il contrario, cioè un disaccordo irreconciliabile tra l'una e l'altra, portando con ciò confusione e pusillanimità negli spiriti deboli degli ignoranti.

185. — Per dimostrare che il preteso conflitto tra scienza e rivelazione non esiste, potrebbe bastare la semplice enumerazione di **valenti scienziati** di ogni nazione (e tra questi non pochi anche non cattolici)[1] fino ai nostri giorni, i quali non solamente non vedevano nessun contrasto tra l'una e l'altra, ma cercarono anche positivamente di provare l'accordo, come per es. nel secolo XIX Jean André de Luc, George Cuvier, Giov. Nep. Fuchs, William Buckland, Marcel de Serres, Hugh Miller, Hitchcock, Mac Culloch, Federico Pfaff, James Dwight Dana, Guil. Waagen, P. Giovan Batt. Pianciani, Antonio Stoppani, Reusch, Wisemann, Molloy, Moigno, Hummelauer, Schanz, Güttler, Gutberlet, Braun, Cornly, Vigouroux, Moor ecc. Siccome sarebbe un errore voler definire colla sola scorta dei sacri testi le questioni naturali, così pure sarebbe erroneo, voler imporre subito nuove interpretazioni ai medesimi testi, dietro teorie problematiche delle scienze naturali.[2] Ma se a mostrare fra una verità ben assicurata naturale ed un'altra rivelata quella concordia (che non può mancare fra due figliuole del primo Vero, come ben osserva il lodato Pianciani),[3] fosse duopo dare una nuova, ma non assurda, interpretazione a qualche luogo della Bibbia, il quale alla fine non tratta di dogma, nè di morale, o di culto, e sul senso del quale gli antichi padri della Chiesa non convengono; sarebbe questo un gran male? - Pare che no.

186. — Noi, esponendo negli articoli precedenti quello che le scienze naturali ci insegnano intorno alla genesi del nostro

(1) Altri particolari sulla vita e le opere di questi e molti altri autori trovansi nell'opera di K. A. KNELLER S. I., *Das Christenthum und die Vertreter der neueren Naturwissenschaft.* II. ed. Freiburg-Breisgau, 1904.

(2) Che si può cadere nell'uno e nell'altro errore, lo mòstra la storia del processo Galileano, di cui abbiamo fatto menzione nell'Astromeccanica (I, num. 379 sgg.).

(3) *Cosmogonia naturale comparata col Genesi.* Roma, 1862, p. 15.

Digitized by Google

globo terraqueo, abbiamo occasionalmente citato nelle note quello che ci raccontano i libri mosaici. Con ciò non si è voluto pretendere, che Mosè abbia voluto scrivere un trattato di cosmogonia o di geologia. Lo scrittore del Pentateuco volle piuttosto inculcare al popolo israelitico affidatogli, l'**idea fondamentale religiosa** di un Creatore onnipotente dell'universo in genere, e della Terra e di tutto ciò che trovasi sopra di essa in ispecie, per allontanare quegli uomini dal culto superstizioso degli astri, degli animali, e di ogni altra creatura,[1] (I, n. 350). Con tutto ciò i cenni fatti sul processo successivo di questa grande opera nella quale si ammira allo stesso tempo lo sviluppo naturale delle forze fisiche, stabilite dallo stesso Creatore, debbono destare l'ammirazione di tutti i cultori di scienze naturali, i quali ricordano, in quale stato d'infanzia queste medesime scienze si trovarono al tempo di Mosè. Questo solo accenna ad una rivelazione divina primitiva, trasmessa forse dagli stessi nostri protoparenti da una generazione all'altra, fino a quel tempo

187. — Così le grandi linee della narrazione mosaica si riducono a questi **punti principali**: Le opere della creazione, le quali potevano compiersi per l'onnipotenza di Dio in un istante, si volle che procedessero successivamente e gradatamente, e quanto era possibile per le proprie forze, indite dallo stesso Creatore. Il nostro globo terrestre, lo sviluppo del quale più di ogni altra cosa interessa l' uomo, rappresentava prima una massa caotica, illuminata da una grande luce (diffusa). Iddio poi nell' ordinamento successivo della Terra, che andava formandosi, e particolarmente nella creazione degli esseri organizzati, statuì questa legge, che i più semplici ed imperfetti venissero a luce prima degli altri più perfetti e di più complicata organizzazione, salve sempre peraltro le necessarie condizioni di esistenza, cioè che

(1) Il *fiat* coll'adempimento istantaneo mostra la divina potenza, la denominazione del creato il dominio del Signore, la distinzione ed ornamentazione la divina sapienza, le benedizioni mostrano la provvidenza del Creatore, le approvazioni eccitano alla lode di Dio, il riposo festivo riconosce nella creazione stessa l'archetipo del culto divino, la similitudine tra Dio e uomo è il vincolo che conduce la creatura ragionevole al trono del suo Creatore.

Digitized by Google

ciascuna specie venisse allora a luce, quando tutto era apparecchiato e disposto per la sua sussistenza. Così la Terra, in parte asciutta, cominciò a rivestirsi di piante terrestri. Agli animali, i quali animavano già le acque, si aggiunsero altri, i quali guizzando, serpeggiando, volando o camminando animassero la terraferma, anzi la stessa aria. Finalmente la **creazione dell'uomo**, della creatura fatta ad imagine e somiglianza del Creatore, e destinata a dominare sulla Terra e sugli abitatori delle acque e sui volanti per l'aria e sulle bestie dei campi e delle selve – questa creazione perfezionò e coronò il regno animale.

188. — Ora in tutto ciò non si vede niente che contradica a quello che insegnano le scienze naturali. — Ma, dirà taluno, Mosè fa compiersi tutta questa geogonia in sei giorni, mentre le epoche geologiche richiedono a ciò molto più che altrettanti secoli. — Senza entrare qui in lunghe discussioni sopra questo ed altri punti di apparente divergenza, si ricordi che dai primi tempi del cristianesimo, quando non si sospettava ancora questo cosidetto *disaccordo*, non mancarono scrittori ecclesiastici, anzi grandi dottori della Chiesa, i quali asserirono esplicitamente, che quell'espressione di giorni dovea prendersi in un senso più generale di epoca. Lo stesso Sant'Agostino (sec. IV) dichiarò già, che Iddio creando tutto l'universo abbia creato alcune nature in uno stato più perfetto, altre soltanto nelle loro cause; quella descrizione delle opere dei sei giorni, secondo lo stesso sommo dottore, non è altro che un'enumerazione particolareggiata delle varie classi e specie di creature, affinchè così appaia più chiaramente che ogni cosa sia uscita dalla mano di Dio, creatore dell'universo.[1] La Chiesa cattolica non ha mai rigettato questa o simili interpretazioni, escogitate da varii interpreti della Sacra Scrittura. Essa permette perfino a' suoi teologi, di considerare la narrazione dell'opera creatrice dei sei giorni come il

(1) Deum ab exordio saeculi primum omnia creavisse, quaedam conditis iam ipsis naturis, quaedam praeconditis causis (AUG. *De Genesi ad litt.* 7, 28). Anche San Gregorio Nyss. (*In hexaemereron*) si esprime non meno francamente, dove il testo mosaico sembra involvere qualche difficoltà apparente. Del resto dobbiamo rimettere i lettori ai teologi, che trattano ex professo le questioni qui soltanto accennate.

Digitized by Google

risultato di altrettante visioni profetiche, concesse o immediatamente all'autore ispirato, ovvero a quello dal quale la tradizione delle cose vedute arrivò fino a Mosè. Se poi il raggruppamento sia secondo l'ordine cronologico di avvenimenti successivi, ovvero semplicemente secondo un ordine qualunque logico, rimane pure di libera discussione.(1) Anzi vi sono teologi rispettabili, i quali credono di poter conciliare ugualmente bene e forse meglio tutta la narrazione dell'exaemeron con una visione sola, nella quale Iddio abbia scelto il simbolismo di sei giorni, per inculcare all'uomo il riposo festivo del settimo giorno della settimana.(2)

189. — Non è qui il luogo di entrare in una discussione di queste varie teorie, le quali, ciascuna a suo modo, trovano una via di conciliazione tra natura e rivelazione. I pochi cenni dati mostrano sufficientemente, quanta libertà di movimento la fede lascia qui all'ingegno. D'altronde non si può negare, che non pochi degli scienziati moderni, meno versati nelle scienze teologiche, esagerano non poco i ritrovati delle scienze naturali, confondendo arbitrariamente mere ipotesi con tesi ben provate ed accertate, proclamando risultato della scienza quello che non è altro che una teorica, se non gratuitamente preconcepita, almeno mal fondata sui fatti, e poco conclusiva nelle deduzioni. Esempi di cotal modo di procedere abbondano; basta consultare i varii autori apologetici, che ne parlano.(3)

(1) Cf. GÜTTLER, *Naturforschung und Bibel.* Freiburg, 1877. Un breve compendio delle varie teorie esegetiche [dell'interpretazione letterale, della concordanza, del periodismo, della restituzione, dell'idealismo, dell'allegorismo, delle visioni, ecc.] composto dallo stesso autore, trovasi nel dizionario ecclesiastico di Herder (*Kirchenlexikon.* 2ª ed., vol. V, pag. 1982) alla parola *Hexaëmeron.*

(2) Cf. FR. V. HUMMELAUER S. I., *Commentarius in Genesim.* Parigi, 1895; *Der Schöpfungsbericht.* Freiburg, 1898.

(3) Si veda per esempio MOIGNO, *Les splendeurs de la Foi. La verità assoluta dei libri santi.* Prato, 1881. Si consultino le opere degli autori sovracitati, ai quali si potrebbe aggiungere altro buon numero. Noi stessi abbiamo avuto occasione di difendere la verità contro tali esagerazioni pertino nel campo dell'Astrometria. Vedi la nostra memoria: *L'arte gnomonica e la Sacra Scrittura,* pubblicata tra le *Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei,* vol. XVIII, 1901. Una seconda edizione in lingua germanica sotto il titolo *Bibel und Gnomonik* fu pubblicata nel periodico *Natur und Offenbarung.* Münster, 1902.

Digitized by Google

Conseguenza naturale ma funesta di cotali esagerazioni è il discredito procurato alle medesime scienze presso quegli, i quali non trovandosi in grado di poter esaminare da sè le cose affermate da certi « dotti », sentono non senza giusta meraviglia, che quello che ieri si chiamava risultato indubitato della scienza, oggi si confessa essere una teoria o meglio una ipotesi abbandonata. (1)

190. — Del resto sarebbe pure erroneo il credere che qualunque evoluzione naturale degli esseri sia esclusa dalla rivelazione. « L'idea delle successive trasformazioni presa con debita prudenza e moderazione non è punto inconciliabile colla ragione nè colla religione », scrive lo stesso P. Secchi. « Infatti, ove non si voglia tutto eseguito per pure forze innate e proprie della materia bruta, ma si ammetta che queste forze non d'altronde derivassero che dalla Cagione prima che creò la materia, e ad essa diede la potenza di produrre certi effetti, non vi è nessuna intrinseca repugnanza per credere che, fino a tanto che non interviene nessuna forza nuova, possano svilupparsi certi organismi in un modo piuttosto che in un altro, e dar origine così a differenti esseri... Ma dalla suddetta questione teorica venendo alla pratica, la cosa è assai

(1) Chi non ricorda qui la teoria della discendenza, il cosidetto Darwinismo, colla quale taluni pretendevano di potere spiegare lo sviluppo di tutto l'universo senza verun intervento d'un Creatore supremo? Vani tentativi, contro i quali i veri scienziati hanno sempre protestato, non tanto perchè contradicono a verità rivelate, ma perchè stanno in aperta opposizione con un gran numero di fatti (cf. TUCCIMEI, *La teoria dell'evoluzione e il problema dell'origine umana*. Memorie della Pontif. Accad. dei Nuovi Lincei, vol. XIII. Roma, 1897, pag. 235 a 282). Tale discendenza, dice il P. SECCHI, non solamente non è richiesta dalle scienze naturali, ma insostenibile nel cospetto di fatti indubitati... (Cfr. la nota al n. 115). Così la pensano gli stessi scienziati acattolici, sull'autorità scientifica dei quali non può essere dubbio veruno: « Noi dimentichiamo troppo facilmente », scrive il celebre LORD KELVIN (Prof. W. Thomson), « nelle nostre deduzioni meccaniche, che queste sono limitate dalla volontà del Creatore, la quale del resto si manifesta nelle ricerche geologiche coll'apparizione dell'uomo, delle piante, degli animali e di tutti gli organismi sulla terra, per l'esistenza dei quali la scienza non può assegnare altra ragione, che la volontà libera di un Creatore» (*On mechanical antecedents of motion, heat and light.* Mathematical and physical papers by Sir William Thomson II, Cambridge, 1884, 37-38).

Digitized by Google

diversa. Si cerca se questa graduata trasformazione (nei limiti assegnati nella nota al num. 115) abbia di fatto avuto luogo?... Ora invece per confessione dei più ardenti trasformisti è dimostrato, che la geologia non suffraga punto a tal maniera di vedere.[1]

« La vita (organica) » dice l'eminente geologo A. De Lapparent, « ha preso possesso del nostro globo non in un modo progressivo e con un'evoluzione lenta degli organismi inferiori, ma (quanto attestano i fatti geologici) coll'apparizione quasi immediata di tipi del tutto perfezionati quali le circostanze dell' ambiente li ammettevano. Di più, questi primi tipi erano identici sopra tutta la superficie del globo terrestre ».[2]

191. — Quando nel 1866 l'Accademia del Belgio celebrò il cinquantesimo anniversario del suo ristabilimento, il direttore della sezione di scienze naturali, il sig. d'Omalius fece un discorso solenne di circostanza sulla relazione tra scienza e fede. L'oratore discusse le varie fasi della lotta, che storicamente esiste tra i professori dell'una e dell'altra, colla mira però di mostrare che reale opposizione non c'è affatto. Volendo fare tutte le concessioni possibili ai cultori delle scienze naturali, senza però pregiudicare i diritti della fede, l'oratore entrò nelle varie difficoltà, che i primi oppongono: sia contro la cosmogonia mosaica, sia contro il diluvio, l'unità della specie umana ecc., mostrando che quello che vi è di certo nelle scienze non si oppone alle verità rivelate. « Concediamo pure », disse egli, « che la nostra mente trovi un po' duro il concepire l'esistenza di un Dio immateriale, creatore onnipotente dell'universo, ma egli è molto più duro di concepire l'esistenza del mondo col suo ordine maraviglioso, senza la preesistenza d'un Essere onnipotente. Conseguentemente nè la scienza nè la ragione possono negare il loro assenso a quelle verità fondamentali.

(1) *Grandezza del creato*, l. c., 199. – Soltanto l'abuso, fatto della teoria dell'evoluzione (particolarmente sotto la condotta dello Haeckel che volea farne un'arma contro i teologi) in molti ha lasciato l'impressione, come se fosse una cosa contraria alla credenza in un Dio, sotto qualunque aspetto venga rappresentata. Cf. WASSMANN (*Stimmen aus Maria Laach*. Freiburg, 1902, 1903).

(2) *Traité de geologie*. Paris, 1885, pag. 1471.

Digitized by Google

« Concludiamo (così finisce d'Omalius il suo discorso – e questa sia pure la conclusione nostra) – io non esito un momento di affermare, che a mio parere non esiste opposizione veruna tra le nostre credenze religiose e lo stato attuale delle scienze naturali ».[1]

CAPITOLO II.

LA LUNA.

ART. 1 — CENNI STORICI SULLO STUDIO DELLA FISICA LUNARE.

192. — Il corpo celeste più accessibile allo studio della sua superficie, costituzione e struttura, è senza dubbio la Luna, l'astro più vicino a noi, satellite della Terra. Prima dell'invenzione del telescopio (I, n. 170), questo studio della fisica lunare rimase necessariamente in uno stadio assai imperfetto. I pochi risultati delle ricerche primitive degli antichi filosofi ed astronomi, Anassagora, Filolao, Democrito, Aristotele ecc. (lasciate da parte le mere congetture) si riducono più o meno alla ricognizione della **figura globulare**, accertata dalle stesse **fasi** (I, nn. 290 e 484), e ad una vaga nozione sulla natura delle **macchie,** che vedonsi sul disco apparente lunare.

Di Plutarco († circa 140 d. C.) possediamo una monografia intorno alla Luna, col titolo: *Sulla faccia del disco lunare*, nella quale si trovano raccolte non poche idee giuste sull'apparenza esterna del nostro satellite, specialmente sulle varie macchie ed ombre, visibili ad occhio nudo, che la fantasia nostra facilmente raggruppa in modo da rappresentare grossolanamente una faccia umana.[2] Siccome poi la Luna

(1) « En résumé, je n'hésite pas a dire qu'il n'existe, à mes yeux, aucune opposition réelle entre nos croyances religieuses et les démonstrations données par l'état actuel des sciences naturelles ».

Cf. KNELLER, op. cit., num. 183.

(2) Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῷ κύκλῳ τῆς σηλήνης. Una introduzione latina fatta da Keplero col titolo *Libellus de facie, quae in orbe Lunae apparet*, trovasi tra le opere di questo astronomo (ed. Frisch, VIII, 76–123).

Digitized by Google

nel suo giro mensile intorno alla Terra volta sensibilmente sempre lo stesso lato verso il pianeta centrale, o come suol dirsi, mostra sempre **la stessa faccia** a noi, l'imagine invariata di questa s'imprime anche più facilmente nella mente del contemplatore. Le descrizioni antiche della medesima dimostrano poi la costanza dello stesso fenomeno attraverso i secoli storici delle osservazioni lunari.(1)

193. — **Plutarco**, considerando che tutti gli uomini, provvisti di occhi buoni, vedono le stesse configurazioni sul disco lunare, conchiude giustamente, che l'impressione prodotta nei vari osservatori non può essere l'effetto d'una vista anormale. Parimente, dice egli, le ombre lunari non possono essere imagini riflesse delle irregolarità della superficie del nostro globo terraqueo, perchè oltre che sulla Luna non si trovano le configurazioni dei nostri paesi e continenti, le stesse imagini (trattandosi di uno specchio sferico convesso) dovrebbero vedersi radunate quasi in un punto. Alcuni pretendevano le macchie lunari essere risultato di una certa mescolanza di aria e di un fuoco languido, ma come si spiegherebbe allora la stabilità delle medesime? Anche se fosse ivi un'atmosfera tutta pura e serena, questa dovrebbe essere ugualmente illuminata dal Sole, apparirebbe per conseguenza ugualmente splendente dappertutto.

Ma forse le ombre sono dovute alla trasparenza del globo lunare, il quale lascia trapassare ovvero assorbisce i raggi solari diversamente in diverse regioni? Non può essere così, risponde Plutarco, altrimenti la Luna, frapponendosi nelle eclissi solari fra la Terra ed il Sole non potrebbe apparire come un **corpo perfettamente oscuro**.

Plutarco, dopo altre simili discussioni, oramai inutili o antiquate, conclude, assai probabilmente la Luna doversi considerare come un globo celeste oscuro, il quale abbia come la

(1) Non sarebbe senza interesse di raccogliere le varie figure che la fantasia di vari popoli in tempi diversissimi credeva di ravvedere in quel gruppo di macchie lunari. Lo stesso Dante (*Parad.* II, 49 segg.) ricorda la novella toscana che in quei « regni bui » vede Caino condannato a portare eternamente un fardello di spine. Cfr. CARRARA S. I., *La selenografia antica e moderna*. Pavia, 1901, 29-35. — Le ombre si vedono assai bene riprodotte nella figura 74, n. 218.

Digitized by Google

Terra nostra una **superficie irregolare e scabra,** le varie regioni della quale riflettano diversamente la luce solare. Alte montagne getteranno occasionalmente (secondo la variabile altezza del Sole sopra l'orizzonte di esse) le loro ombre sulle pianure adiacenti. Come sulla Terra, così sulla Luna si troveranno vaste profondità o depressioni di livello, valli, terreni rocciosi, oceani, laghi, forse anche paesi con città popolate simili alle nostre: conclusioni dipoi in gran parte confermate da osservazioni telescopiche!

194. — Alcuni autori si meravigliano, che quegli antichi scrittori che trattano della Luna, non facciano menzione di quella **luce cinerea**, più o meno biancastra, che si osserva pochi giorni dopo il novilunio nella parte del disco lunare non direttamente illuminata dal Sole. Pare impossibile, che un fenomeno così cospicuo non sia stato osservato nei tempi passati. Anzi l'apparente **differenza di diametro** della falce illuminata e della fase oscura, debolmente illuminata, dovea vieppiù stimulare la curiosità degli antichi osservatori a spiegare l'una e l'altra anomalia.[1] Le spiegazioni però conservateci dagli antichi sono assai scarse. Posidonio, come attesta Cleomede (*Cyclica theoria meteorum*, l. 2, c. 4) ascriveva l'apparenza della luce cinerea (*lumen secundarium*) ad una qualsiasi trasparenza del globo lunare. Benchè questa spiegazione (come vedemmo) sembrava esclusa dalla mancanza di simile luce durante le eclissi totali del Sole, la vediamo nondimeno risuscitata ancora nel secolo XIII dal Vitello (lib. 4, theor. 77). Più felice fu senza dubbio la ragione assegnata, come sembra, per la prima volta dall'ingegnoso Leonardo da Vinci († 1520). Secondo una nota, trovata nei manoscritti di quest'uomo insigne, quella luce non sarebbe altro che la luce solare riflessa dalla Terra verso la Luna. Infatti quando noi sulla Terra abbiamo *Luna-Nuova*, un osservatore posto sulla Luna avrebbe *Terra-Piena*, cioè egli vedrebbe tutto il disco terrestre illuminato dal Sole. Siccome poi la Luna al tempo del pleni-

(1) Questa differenza di diametro, per la quale la circonferenza circolare della parte illuminata sembra più grande della circonferenza della parte oscura, è evidentemente dovuta all'irradiazione della luce nell'occhio dell'osservatore, come mostra il fatto, che il fenomeno scomparisce nel telescopio.

Digitized by Google

lunio sparge tanta luce sulla parte notturna del nostro globo, così la Terra viceversa riverbera gran copia di luce solare verso la Luna; anzi, avendo il disco apparente della Terra in quella distanza una superficie circa tredici volte più grande del disco apparente lunare, è chiaro, che la quantità di luce riflessa verso la Luna deve essere altrettanto maggiore, e quindi la parte notturna della Luna viene tanto illuminata, che l'effetto si rende visibile sulla stessa Terra.

195. — Non mancarono autori, i quali come il Reinhold († 1553) vollero ascrivere quel chiarore cinereo piuttosto ad una debole luce propria fosforescente della Luna; la maggioranza però degli astronomi come Mestlino, Keplero (Op. VI, 485), Galilei (Op. ed. naz. III, 72) diedero indipendentemente la stessa spiegazione come il Da Vinci, la quale oggidì è da considerarsi come l'unica vera. Anzi osservazioni più accurate e più recenti dimostrano, che **l'intensità** della luce suddetta, come anche **il colorito**, dipendono dal potere riflettente delle regioni terrestri voltate verso l'astro notturno. Quando i grandi deserti dei nostri continenti, ovvero le grandi catene montagnose colle loro nevi scintillanti, riverberano la luce, questa apparisce più chiara e resta talvolta visibile (nel telescopio) oltre il Primo Quarto; quando invece i grandi oceani della Terra sono voltati verso la Luna, il chiarore riflesso è più debole (n. 89). Da ciò si vede come la posizione relativa della Luna e la rotazione della Terra, anzi lo stesso stato atmosferico del nostro pianeta esercitano il loro influsso sulla visibilità del fenomeno, così si capisce pure, perchè talvolta la luce cinerea biancastra sembra cambiar colore, tendendo all'azzurro, giallognolo e rossiccio.

196. — Quanto erano più scarse le notizie degli antichi sulla fisica costituzione del nostro satellite, tanto più essi si perdettero in vane congetture sull'**influsso fisico** del medesimo sulle cose terrene. Non soltanto le condizioni meteorologiche della Terra credevansi dipendere in gran parte dalla Luna, ma sibbene quelle dei vari climi, il benessere dei vari organismi, le propensioni istintive degli animali. le disposizioni fisiologiche e psicologiche degli uomini: tutto si riduceva in gran parte all'influsso della Luna. Plinio nella sua *Storia naturale* descrive una lunga serie di regole da osservarsi spe-

Digitized by Google

cialmente dai medici e dagli agricoltori relativamente alla Luna e le sue varie posizioni e fasi, e ciò con una minutezza, che veramente meriterebbe di essere applicata ad un soggetto più degno.(1) Macrobio (*In somn. Scipionis*, c. 11) chiama la Luna semplicemente creatrice e fautrice del corpo umano, e Varrone (*De re rustica*, l. 1) ci assicura che non solamente nella tosatura delle pecore egli osservava scrupolosamente la regola ricevuta da suo padre rispetto alla Luna; ma che egli stesso, per non diventar calvo, non si facea mai tagliare i capelli al tempo della *Luna calante*. Tolemeo (*Centiloquio prop.* 20) prescrive ai medici e chirurgi di non fare mai l'operazione ad un membro, quando la Luna si trova nella regione zodiacale, che ha il dominio sopra lo stesso membro.(2) Ancora nel secolo decimosesto si manteneva la dottrina, che l'ignoranza di quelle regole non dovea tollerarsi in un medico.

197. — Quello che rese difficile il tracciare un limite tra il vero ed il falso in tutte queste asserzioni d'influenza lunare sulla Terra era il fatto innegabile, che qualche influenza dovea ammettersi ad ogni modo, come p. es. quella della mutua attrazione, che si manifesta nei grandiosi **fenomeni delle maree**. Che la causa di quest'ultime fosse da ricercarsi nel Sole e nella Luna, era stato già chiaramente detto dallo stesso Plinio, il quale citando anche il testimonio di Pytheas (sec. IV a. C.), asserisce che tra due successive levate della Luna si osserva un doppio flusso ed un doppio riflusso del mare e che questi flussi e riflussi sono dovuti all'attrazione del nostro satellite (*Hist. nat.* l. 2, c. 97), cfr. I, n. 383. Lo stesso viene attestato da Cicerone (2 *Divin.* 14 in fine), Plutarco (*De placitis philos.* l. 3, c. 17), Laertio (*De vitis phil.* l. 7, c. 128).

(1) « Omnia quae caeduntur, carpuntur, conduntur, innocentius decrescente luna, quam crescente fiunt... Ova luna nova supponito... arborum radices luna plena operito. Humidis locis interlunio serito », ecc. *Nat. hist.* lib. XVIII, c. 75 (32).

(2) A quali membri presiedano i vari segni zodiacali, lo insegna Manilius nel suo *Astronomicon* (lib. IV, v. 102; cfr. lib. II, v. 454 segg.).

Namque *Aries* capiti, *Taurus* cervicibus haeret,
Brachia sub *Geminis* censentur, pectora *Cancro*,
Te scapulae *Nemeaee* vocant, teque ilia *Virgo*,
Libra colit clunes, et *Scorpius* inqnine regnat;
Et femur *Arcitenens*, genua et *Capricornus* amavit;
Cruraque defendit *Iuvenis*; vestigia *Pisces*.

Digitized by Google

Strabone (*Res geogr.* l. 3) ed altri. Giulio Cesare (*De bello gall.* l. 4), parlando del suo imbarcamento sulla costa di Boulogne, narra che il flusso del mare era più forte del solito a cagione del plenilunio. Seneca (*Quaest. nat.* l. 3, c. 28) sapeva già che al tempo degli equinozi le maree erano straordinariamente alte.

Non può quindi recare meraviglia, che oltre questi influssi accertati, si sospettassero altri simili meno controllabili, la confutazione dei quali era assai difficile in un tempo, quando mancavano serie continuate di osservazioni relative, istituite da persone competenti. Così pure si spiega, che gli stessi dotti solevano o semplicemente sospendere il loro giudizio, ovvero si esprimevano molto cautamente, quando trattavasi di definire l'influsso, non solamente della Luna, ma degli astri in genere sugli organismi della Terra.[1] Noi, contentandoci per ora di queste poche nozioni storiche, ritorneremo più sotto a questa tanto dibattuta questione.

Art. II. — I primi studii selenografici fatti col telescopio.

198. — Il primo documento stampato, che parla di **osservazioni telescopiche** fatte rispetto alla Luna, è il *Nunzio sidereo* di Galileo Galilei[2] (I, n. 379). È un bellissimo e graziosissimo spettacolo, leggiamo ivi, di vedere questo corpo celeste, distante circa sessanta raggi terrestri da noi, avvicinarsi tanto, come se fosse la distanza ridotta a due raggi soltanto, di modo che il diametro lunare apparisca trenta volte più grande, l'area del disco novecento, ed il volume ventisettemila volte più grande di quello che sogliono vedersi quelle varie dimensioni ad occhio nudo. Ora ciascuno può persuadersi, soggiunge Galilei, che la superficie lunare non è una superficie liscia e ben pulita (« come pretendevano gli antichi filosofi »), ma scabra e disuguale. Come sulla Terra, così ivi si osservano grandi elevazioni, profonde e tortuose cavità in gran numero.

(1) Vedi, per es., la tesi di S. Tommaso d'Aquino: « Utrum corpora coelestia sint causa eorum quae hic in inferioribus corporibus fiunt » (*Summa theol.*, p. I, quaest. 115, art. 3).

(2) *Le Opere di Galilei*, ed. nazionale, Firenze, 1890, ecc., vol. III.

Digitized by Google

Oltre le solite macchie, visibili ad occhio nudo, Galilei scoprì una massa di macchiette piccole, sparse sopra tutto il disco, ma specialmente nelle parti più luminose. Egli nota poi che il circolo terminatore (che divide l'emisfero illuminato dall'oscuro) non è una linea netta e precisa, ma una curva irregolare, con inflessioni ed interruzioni; certi tratti luminosi si protendono nella parte oscura, mentre al contrario particelle oscure si vedono nella parte lucida, e ciò non soltanto vicino al terminatore, ma dappertutto nella parte illuminata dal Sole si osservano in gran copia piccole macchie nere, le quali hanno questo di comune, che l'ombra in esse si trova dalla parte del Sole, le vette illuminate dalla parte opposta (Figura 65). L'aspetto ricorda quello che vediamo qui sulla Terra, se le **cime montagnose**, che cingono una valle, già sono illuminate dal Sole nascente, mentre la valle trovasi ancora all'oscuro.[1]

Fig. 65. La Luna al I Quarto.
(Disegno del P. Grimaldi, 1651).

199. — Che qui si tratti di un fenomeno somigliante, si fa evidente anche dal modo come vicino al terminatore i punti luminosi, staccati dal resto della fase illuminata, vanno pian piano allargandosi, per riunirsi poi alla medesima; mentre col progresso della fase (cioè col levarsi del Sole sull'orizzonte di quelle regioni) nuovi punti luminosi, ossia nuove cime di montagne spuntano nell'emisfero oscuro, per

(1) La figura 65 è una riproduzione di un disegno del P. Grimaldi del 1651, assai più perfetto di quello di Galilei. Del resto le figure più moderne (Fig. 76, n. 218, ecc.) illustrano ancor meglio la cosa.

Digitized by Google

passare poi per le medesime vicende. Galilei confronta tutte quelle **formazioni rotondeggianti** e le loro penombre, vedute col suo cannocchiale (non acromatico; I, n. 175), colle macchie colorite della coda del pavone; se poi, dice egli, nelle varie tinte vogliano (secondo la sentenza antica Pitagorica) vederci raggruppamenti di mari e continenti, le macchie oscure piuttosto rappresenterebbero i mari (n. 89), le parti luminose i continenti.

200. — Oltre quelle formazioni arginose più o meno simili tra loro, si osservarono intere **catene di montagne**, le quali viceversa presentavano il lato illuminato dalla parte del Sole, l'ombra dal lato opposto, cioè tutto contrario a quello che si osserva nelle vallate. Il contrasto poi tra luce ed ombra appariva sempre meglio vicino al circolo terminatore, che nelle parti più remote, dove il Sole sta più alto sull'orizzonte, illuminando quasi ugualmente tutte le regioni alte e basse. Questo fornì un nuovo argomento, trattarsi di veri rialzamenti e cavità della superficie lunare. Così si spiega pure, perchè si distinguono meno tutti questi particolari al tempo del plenilunio, quando cioè la nostra visuale ed i raggi solari hanno sensibilmente la stessa direzione, ossia quando il Sole sta allo zenit della regione centrale della Luna. Rimaneva però da principio una difficoltà contro la scabrosità della superficie lunare, provata con argomenti del resto così convincenti. Se la Luna non è un globo del tutto liscio, potevano opporre i sostenitori dell'antica tradizione, come è allora, che il **lembo lunare** nello stesso telescopio apparisce come una circonferenza perfettamente circolare e non piuttosto come una ruota dentata? Anche l'orizzonte dell'oceano, risponde Galilei, ad onta delle onde gigantesche che talvolta si sollevano al di sopra del livello comune, apparisce come una linea netta e regolare, perchè veduto da grande distanza; conseguentemente anche le elevazioni montagnose della Luna, osservate da distanza molto maggiore, dovranno sensibilmente scomparire.(1)

(1) I potenti cannocchiali dei nostri giorni fanno di fatto vedere una certa irregolarità nel lembo. — Galileo ricorre inoltre all'atmosfera lunare per spiegare quella mancante irregolarità. Teoreticamente anche questa spiegazione avrebbe il suo valore, ma l'esistenza di un'atmosfera tale (come vedremo più sotto) non può ammettersi.

Digitized by Google

201. — Le figure, colle quali Galilei illustrò le sue prime osservazioni lunari, erano naturalmente ancora molto imperfette, e quantunque la loro riproduzione non sarebbe priva di interesse storico, lo scopo del nostro trattato non la permette. Del resto le varie figure, intercalate nel testo di questo capitolo, possono dare un'idea più che sufficiente delle cose suddette. La figura 66 ricorda il metodo, col quale Galilei riuscì a determinare geometricamente **l'altezza d'un monte** sulla Luna. Sia D uno di quei punti luminosi (osservati dalla Terra T nella direzione T C), staccato dal circolo terminatore C F, ed illuminato dal Sole, con raggi paralleli alla tangente G D. Congiungendo D col punto di contatto C, e col centro E, si ottiene il triangolo rettangolo D C E, di cui si può misurare direttamente la distanza D C relativamente al raggio B E. Si calcola quindi facilmente la lunghezza relativa dell'ipotenusa D E, la quale, diminuita del raggio AE = BE = CE, dà l'altezza cercata AD = DE — AE.

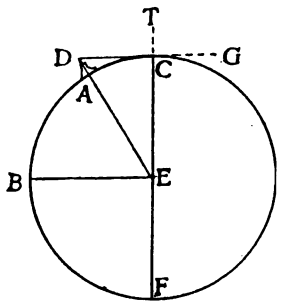


Fig. 66.

Con simili metodi abbastanza rigorosi Galilei scoprì tosto, che le montagne della Luna erano più alte di quelle della Terra; un'asserzione, che rimane vera anche oggidì, non però nel senso assoluto, come volle Galilei, ma in un senso relativo soltanto, cioè i monti più alti della Luna, relativamente al diametro lunare, si alzano al disopra del livello comune della superficie livellata, più che non i monti più alti della Terra relativamente al diametro terrestre. (1)

(1) *Manifestum igitur relinquitur, Lunares eminentias terrestribus esse sublimiores* (*Nunc. sid.*, l. c.). Galileo trovò che certe montagne lunari avevano un'altezza di 4 miglia italiane (circa 6 1/2 kilom.); di fatti i monti più alti della Luna si alzano poco più di 7 kilom. sul livello delle pianure circostanti. Dicendo però che le montagne terrestri arrivino appena all'altezza di un miglio, ossia 1,6 kilom. (*verum in tellure nulli extant montes, qui vix ad unius milliaris altitudinem perpendicolarem accedant*), Galileo si mostra poco bene informato, essendo che le cime più alte dei monti terrestri superino perfino l'altezza di 9 kilom. sul livello del mare!

Oltre il metodo qui indicato per valutare l'altezza delle elevazioni, vi sono altri simili, che fanno uso della lunghezza dell'ombra, per mezzo

Digitized by Google

Art. III. — Le prime carte lunari colla loro nomenclatura.

202. — I primi bozzetti della superficie lunare, delineati dallo stesso Galilei nel suo *Nunzio sidereo*, aveano lo scopo di illustrare la narrazione in un modo generale, senza pretendere grande esattezza rispetto alla topografia particolare della superficie lunare. Moltiplicandosi poi i telescopi, e con essi gli amatori delle cose astronomiche, uno dopo l'altro pubblicò i suoi disegni più particolareggiati delle formazioni lunari composte a modo di mappamondi terrestri. Tra questi meritano una speciale menzione i disegni pubblicati da G. C. Lagalla,[1] C. Scheiner,[2] F. Fontana,[3] C. Mellan,[4] S. De Rheita,[5] F. Langren[6] ed A. Kircher,[7] Eustachio de Divinis, P. Hier. Sirsalis ed altri.[8] L'opera più considerevole però tra tutte queste varie descrizioni grafiche della topografia lunare è quella pubblicata in Danzica nel 1647 dal valente osservatore astronomico **G. Hevel** (*Selenographia sive Lunae descriptio*), un'opera in folio che contiene tre grandi carte lunari con nomenclatura apposita, oltre circa quaranta disegni, intercalati nel testo, che rappresentano le varie fasi. Le incisioni, eseguite dallo stesso autore, mostrano grande destrezza nell'arte del disegno; i telescopi, adoperati nelle osservazioni rispettive, erano pure lavorati dallo stesso Evelio, il quale ad onta delle molteplici sue occupazioni come sindaco della città, trovò il tempo a cotesti lavori scientifici, stimati talmente dallo stesso Gassendi, che senza esitazione li preferiva ai suoi propri.

della quale si può similmente calcolare la profondità d'una cavità ossia d'una depressione superficiale sotto il livello dell'area circostante.

(1) *De phaenomenis in orbe Lunae.* Venetiis, 1612.

(2) *Disquisitiones mathematicae de controversiis et novitatibus astronomicis*, Ingolstad., 1614.

(3) *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes*, Neapol. 1646.

(4) *Phasium Lunae icones*, quas annis 1634 et 1635 pingebat ac sculpebat Aquis Sextiis C. Mellan, gallus. (Cfr. Gassendi, Op. V. Parisiis, 1658, 1727).

(5) *Oculus Enoch et Eliae.* Antverp. 1645.

(6) *Selenographia.* Bruxellis, 1645.

(7) *Iter exstaticum coeleste.* Herbipol., 1671 (pag. 64 *Iconismus*, III).

(8) Cfr. Riccioli, *Almagestum novum.* Bononiae, 1651, I, 203.

Digitized by Google

203. — I nomi dati dall' Hevel alle varie formazioni lunari furono presi dalla geografia. Considerando come mari le grandi macchie nere, come paludi o laghi quelle di dimensioni minori, egli applicò ad essi i nomi di *Mare mediterraneum*, *pontus euxinus*, *mare adriaticum*, *propontis*, *palus Maeotis* ecc. Le terre ricevettero i nomi rispettivi di *Palestina*, *Persia*, *Italia*, *Sicilia* ecc., le catene montagnose erano distinte coi nomi di *Alpi*, *Apennini*, *Carpazi*, *Caucaso* ecc.

Il primo che introdusse una nomenclatura più particolareggiata per le varie formazioni minori sembra essere stato il già lodato **Van Langren**, cosmografo belga di Filippo IV re di Spagna. Egli almeno si lagna altrove dello Hevel di non avere ricordato i suoi lavori. La ragione di ciò forse fu, che i nomi della *Selenographia Langreniana* contenevano un non so che di adulazione verso dignitari altolocati politici ed ecclesiastici.(1) La nomenclatura Eveliana invece sembrava troppo arbitraria, scorgendosi difficilmente un nesso tra le suddette regioni terrestri e quelle della Luna.

204. — Il **P. Riccioli**, aiutato dal suo confratello P. Franc. M. Grimaldi (n. 49) riesaminò con un eccellente telescopio tutte le formazioni notate e disegnate dai predetti selenografi, precisando meglio il sito relativo e aggiungendone delle nuove. Con ciò egli si vide nella necessità di decidersi per la nomenclatura dell'uno o dell'altro. Riconoscendo però gl'inconvenienti non piccoli della scelta fatta, credette meglio di crearne una del tutto nuova. D'accordo col Grimaldi, suo collaboratore indefesso, adottò il principio, di perpetuare in essa la memoria di **illustri scienziati**, specialmente astronomi, dei vari tempi,

(1) Intorno al LANGREN e la sua nomenclatura lunare si sono formate delle favole che ricordano quelle menzionate nel primo volume (pag. 21, nota 2) relativamente allo SCHILLER e la sua astrognosi. Autori del resto benemeriti come Wolff, Mädler, Littrow e altri, narrano cose poco esatte, rispetto alle quali crediamo bene di avvisare i nostri lettori: 1° che il Langren non fu gesuita; 2° che la sua nomenclatura non è presa dal Calendario dei Santi; 3° che l'opera citata *Selenographia Langreniana* sive *Lumina Austriaco-Philippica* del 1645 non deve confondersi coll'altra dello stesso autore *Planisphaerium Lunae* (1647-1657). La rarità della *Selenografia* può forse alquanto scusare le notizie poco esatte sparse intorno alla medesima, benchè bastasse consultare l'opera citata del Riccioli, per evitare tanti errori, ripetuti poi con una certa insistenza, poco motivata, da autori posteriori. (Cfr. BOSMANS S. I., *Revue des quest. scientif.* Louvain, 1903).

Digitized by Google

osservando nella distribuzione dei medesimi il seguente metodo. Dopo aver diviso tutto il disco visibile della Luna in 8 settori (ottanti), cominciando dal *Nodo orientale*(1) da sinistra verso destra (Fig. 67), egli collocò nella metà superiore gli antichi,

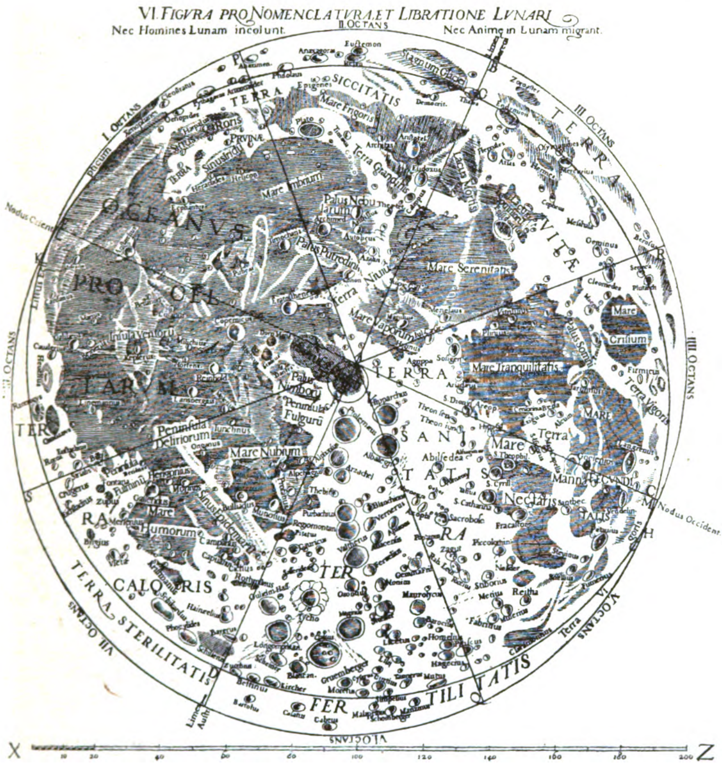


Fig. 67. Carta lunare del P. Riccioli.

nell' inferiore i più moderni: cioè nel I e II ottante « astronomi e filosofi dell'antichità » (Aristarchus, Pythagoras, Eratosthenes, Plato, Aristoteles, Eudoxus, Calippus, ecc.); nel III e IV ottante altri dotti benemeriti dell'astronomia, come Possidonius, Julius Caesar, Manilius, Plinius, Plutarchus, Se-

(1) Questa *linea dei nodi* si riferisce al fenomeno della *librazione* lunare, del quale si tratterà più sotto.

Digitized by Google

neca, ecc. Nel V e VI ottante troviamo autori medioevali e più recenti, Alphonsus, Albategnius, Sacroboscus, Purbachius, Nonius, Tycho, ecc.; negli ultimi due, i più moderni, specialmente gli aderenti dell'astronomia copernicana, come Copernicus, Keplerus, Galilaeus, ecc.(1)

(1) Non pochi moderni astronomi, ad onta della imparzialità colla quale il Riccioli nominò coi nomi di questi ed altri propugnatori dell'astronomia copernicana le formazioni più belle e più cospicue della Luna, non possono celare il loro dispiacere, che la nomenclatura lunare, ora universalmente adottata, sia dovuta ad un gesuita. Cercano perciò di discreditarla perfino con insinuazioni poco degne di uomini scienziati e con favole prive di ogni fondamento. Pochi cenni basteranno per indicare al lettore imparziale il metodo di questi critici: I « precursori del Riccioli », i citati Lagalla e Langren, vengono (senza ombra di verità) chiamati membri della Compagnia di Gesù; del secondo si dice erroneamente che abbia scelti i nomi dei Santi per le figurazioni lunari; di questi « Santi » (dicesi) Riccioli « lasciò una sola », cioè S. Caterina e ciò « per attacco personale ad una signora di questo nome », ecc. Ora chi sa un poco della storia della filosofia, dovrebbe sapere che santa Caterina, insigne per il suo sapere, fu celebrata fino ai giorni nostri (anche con vacanza speciale delle scuole cattoliche alla sua festa) come patrona dei filosofi, la quale meritò quindi certamente un posto accanto a S. Cirillo Alessandrino, S. Dionigi Areopagita, S. Isidoro, S. Teofilo, nominati per simili ragioni dal Riccioli, ma taciuti dai nostri critici. — Non si vuole perdonare al Riccioli, che abbia ceduto alla vanagloria di « scegliere per sè il primo posto tra tutti gli altri, attaccando il suo nome ad una delle più belle formazioni al lembo orientale della Luna ». Il fatto sta, che secondo l'ordine di procedere, il posto scelto dal nostro infaticabile nomenclatore (cfr. Fig. 69), è piuttosto l'ultimo; la formazione è così oscura e poco cospicua, che non è tanto facile di identificarla sulla Luna. Si noti poi, che gli stessi nomi dei critici nostri hanno trovato pure un posto (anche con tutta la modestia del nostro secolo) fra quelli Riccioliani, e non si è mai saputo che uno degli autori così onorati (dai loro colleghi) abbia protestato contro tale onoranza. Concedendo pure che il Riccioli, nominando se stesso, sembri d'aver ecceduto un poco i limiti della convenienza odierna, non pare d'altronde tanto difficile di spiegare il caso. Il Riccioli volle certamente onorare il suo indefesso e benemerito collaboratore Grimaldi, nominandolo con un Magino, Nonio, Walther, Bayer, ecc. Era poi cosa troppo naturale che Grimaldi insistesse di collocarvi anche lo stesso Riccioli. Ecco tutto! — Chi desidera altri particolari sopra un litigio così poco degno di scienziati, veda l'interessante articolo del nostro collega P. Schreiber S. I. (nel periodico: *Stimmen aus Maria-Laach*, Freiburg i. B. 1898, 252-273): *Die Mondnomenclatur Riccioli's und die Grimaldische Mondkarte.*

In quanto poi ai meriti scientifici del P. Riccioli, basterebbe citare quello che dice J. C. Honzeau nel suo *Vade Mecum de l'Astronomie* (Bruxelles,

Digitized by Google

La tavola soggiunta [1] contiene la lista dei nomi (latini) del Riccioli con ordine alfabetico secondo i successivi quadranti od ottanti.

1882, pag. 116) parlando dell'Almagestum novum: *Cet immense ouvrage, trésor d'érudition astronomique, forme une véritable encyclopédie de la science des astres.*

(1) LISTA DEI NOMI PRINCIPALI, ADOPERATI DAL P. RICCIOLI (*I numeri aggiunti permettono un confronto colle figure 74 e 75*).

I.

Anaximander 221
Aristarchus 176
Cleostratus
Ecphantus
Eratosthenes 168
Harpalus
Helicon 212
Heraclides
Oenopides
Pytheas 178
Pythagoras 220
Timocharis 192
Xenophantes

II.

Anaxagoras
Anaximenes
Aratus
Archimedes 191
Archytas
Aristillus 190
Aristoteles 209
Antolycus 189
Calippus 199
Conon
Democritus 224
Epigenes 223
Euctemon
Eudoxus 208
Meton
Philolaus
Plato 210
Thales 225
Theaetetus
Timaeus 222

III.

Atlas 228
Berosus
Cepheus
Endymion 227
Geminus 187
Hercules 229
Hermes
Hyginus 158
Manilius 167
Menelaus 165
Mercurius
Messala 202
Osymandies
Possidonius 186
Sulpicius
Zoroaster

IV.

Agrippa 151
Alcuinus
Ariadaeus
Beda
Cleomedes
Dionysius E.
Firmicius 156
Goclenius 101
Iul. Caesar
Langrenus 100
Macrobius 182
Plinius 165
Plutarchus
Proclus 162
Seneca
Sosigenes
Taruntius 153
Vitruvius 180

V.

Abenezra
Abilfedea 107
Alfraganus
Almaeon 94
Azophi 76
S. Catharina 95
S. Cyrillus A. 96
S. Dionys. Areo. 106
Fabricius 35
Fracastorius 78
Furnerius 52
Geber 83
Hipparchus 119
Hypatia 105
S. Isidor. Hisp. 103
Rab. Levi
Mart. Capella 104
Metius 36
Mulerius
Neander 57
Petavius 80
Pontanus 59
Piccolomineus 58
Rheita 51
Riccius 50
Sacroboscus 77
Santbecchius
Snellius
Stevinus
Stiborius
Tatius
Theon sen. 107
Theon jun. 84*
S. Theophilus A. 97
Vendelinus 99
Zagutus

VI.

Albategnius 109
Aliacensis 61
Albetragius 92
Alphonsus 110
Apianus 62
Arzachel 84*
Arzet
Barocius 34
Bettinus 11
Blancanus 12
Blanchinus 215
Cabaeus
Clavius 13
Curtius
Cyzatus 7
Daniel Bart.
Fernelius 37
Gauricus 46
Gemma Fris.
Gruenberger 6
Gulielm. Hass. 29
Hagecius
Homelius 20
Kircher 10
Licetus 21
Lilii (fratres)
Longomontan. 23
Maginus 22
Manzinus 4
Malapercius 213
Maurolycus 33
Moretus 5
Mutus
Nonius 49
Orontius
Pitatus 63
Pitiscus
Ptolemaeus 111
Purbachius 73
Regiomontan.
Sasserides
Scheiner 14
Schoenberger
Simpelus 3
Stoeflerus 32
Tannerus
Tycho 30
Waltherus 48
Wernerus 62
Zucchius 15

VII.

Bayerus
Bullialdus 86
Byrgius 206
Campanus 71
Capuanus 44
Cichus Ascul. 44
Crugerus
Deriennes
Eichstadius
Fontana 122
Gassendus 90
Hainzelius 39
Herigonius
Junctinus
Kristmannus
Mersennius 89
Morinus
Munosius
Origanus
Phocylides
Profatius
Rothmannus
Schikardus 28
Schillerus 24
Vieta 69
Zupus

VIII.

Ant. Rocca
Bessarion
Billy 121
Cardanus
Cavalerius 144
Copernicus 147
Cusanus
Dom. Maria
E. Dantes
Eustachius
Galilaeus
Grimaldus 125
Hortensius
Hevelius 141
Keplerus 146
Lansbergius 127
Linemannus
Marius 171
Milichius
Moletius
Reinerus 145
Reinholdus 137
Rhetius
Ricciolus 142
Seleucus 174
Sirsalus
Stadius 148.

Digitized by Google

205. — Per i cosidetti **mari, laghi e paludi**, Riccioli preferì ai nomi adottati dall'Hevel denominazioni nuove (in gran parte fin oggi in uso) le quali ricordano le antiche credenze sull'influsso della Luna (n. 196) protestando però allo stesso tempo, che era lontano dall'ascrivere realmente tale influsso alle dette formazioni. Questi nomi senza dubbio oggidì suonano un po' strano alle nostre orecchie, come ad esempio *Mare imbrium, M. serenitatis, M. tranquillitatis, M. foecunditatis, M. crisium, M. nubium, M. humorum, M. frigoris, M. nectaris, Sinus aestuum (vaporum), Oceanus procellarum*, ecc. (cfr. Fig. 69).

È inutile avvertire che colla denominazione di *mare, occano, lago, seni* e simili, adottati già dallo stesso Galileo, non si voleva decidere la questione, se quelle grandi cavità spianate contenessero veramente dell'acqua, quantunque l'apparenza, la distribuzione e frequenza di quei bacini suggeriscano immediatamente l'idea, che se non sono più riempite d'acqua, probabilmente lo furono una volta; ma di ciò tratteremo più sotto. Tutti i *mari* stanno in comunicazione l'uno coll'altro, soltanto il Mare crisium facilmente distinguibile dagli altri dalla sua figura ellissoidale, staccata dal resto delle macchie nere, forma un bacino del tutto isolato. I nomi generici di terre (sanitatis, siccitatis, pruinae, grandinis, ecc.) adoperati dal Riccioli per i vari *continenti*, ora non sono più in uso; per le catene montagnose invece, che includono da tre parti (S. W. N.) il grande *mare imbrium*, si sogliono usare quelli già introdotti dall'Hevel, cioè: Carpazi, Appennini, Caucaso, Alpi.

206. — Nuovi disegni delle fasi lunari furono eseguite nel 1673 dal noto direttore dell'Osservatorio di Parigi **Domenico Cassini**, dietro i quali si compose (1680) una grande carta lunare di circa 54 cm. di diametro, pubblicata dipoi in dimensioni minori dal Lalande, 1787. Il merito di questi lavori del Cassini consiste principalmente nella scoperta della relazione che esiste tra la posizione dell'equatore lunare e dell'orbita. Imaginando cioè tre piani per il centro della Luna, rappresentanti rispettivamente l'eclittica, l'equatore lunare ed il piano dell'orbita, egli trovò che questi s'intersecano in una medesima linea retta, cioè nella linea dei nodi del-

Digitized by Google

l'orbita lunare (I, n. 489). Secondo le osservazioni del Cassini l'equatore lunare era inclinato di 2° 30′ all'eclittica; l'orbita lunare aveva un'inclinazione di 5° 0′ alla medesima.

Quello che già l'Hevel aveva proposto, cioè di costruire un globo lunare di dimensioni colossali, fu eseguito dal La-Hire, il quale fabbricò un globo di un diametro di circa 4 metri, illustrandolo con una grande carta delle medesime dimensioni.

207. — Tutte queste carte lunari descritte fin qui, erano fatte dietro osservazioni telescopiche abbastanza accurate; le posizioni però relative, assegnate alle varie formazioni, non erano che il risultato di pura stima dell'osservatore. Il primo che fece delle **determinazioni micrometriche** delle dette posizioni, e delle varie dimensioni delle stesse formazioni, fu l'astronomo Tobia Mayer di Göttingen, il quale determinò la longitudine e latitudine selenografica di 27 macchie fondamentali, alle quali furono riferite le altre, delineate dal medesimo e pubblicate (1749) in una nuova carta (di 22 cm. di diam.). Un grandioso globo, simile a quello del La-Hire, cominciato dallo stesso Mayer († 1762), rimase incompleto.

Nuove contribuzioni alla selenografia furono fatte dall'astronomo Schröter di Lilienthal († 1816) e dal Gruithuisen († 1852) di Monaco (Baviera), le rispettive opere dei quali si trovano citate di sopra (n. 3). Per renderci conto dello studio fatto da questi ed altri autori più recenti intorno alle singole formazioni lunari ed i loro cambiamenti apparenti, sarà bene di esaminare prima il già accennato fenomeno della cosidetta librazione lunare.

Art. III. — Rotazione, librazione e fasi della Luna.

208. — La Luna mostra sempre la stessa faccia alla Terra (n. 192), dunque il globo lunare è senza **moto di rotazione** intorno ad un asse proprio, conclusero non pochi, mentre altri invece mantennero che si doveva attribuire un vero moto di rotazione al nostro satellite. Questa controversia, agitata talvolta con un poco d'ardore, si scioglie facilmente colla distinzione tra moto assoluto e moto relativo. Relativamente alla Terra può dirsi che la Luna non giri intorno ad

Digitized by Google

un asse proprio, ma non relativamente agli altri astri, ossia ad un osservatore collocato fuori dell'orbita lunare. Questo, trovandosi p. es. presso il piano dell'equatore della Luna, vedrebbe evidentemente nello spazio di un mese [1] tutti i meridiani lunari passare successivamente per il centro del disco apparente, si accorgerebbe però presto che il periodo di una rotazione del globo lunare uguaglia quello di una traslazione del medesimo intorno alla Terra. Il sincronismo dei due periodi spiega, che noi sulla Terra vediamo sensibilmente sempre lo stesso emisfero, voltato costantemente verso di noi; diciamo *sensibilmente*, perchè difatti la Luna sembra eseguire piccole oscillazioni o librazioni, per le quali noi vediamo realmente più di 180° di longitudini selenografiche; cioè 7° 35′ di più, ora verso est, ora verso ovest, dimodochè in tutto un'estensione longitudinale di 195° 10′ può essere osservata dalla Terra. Che la rotazione della Luna non abbia avuto mai una grande velocità (angolare), si deduce legittimamente dalla mancanza di qualunque depressione polare.

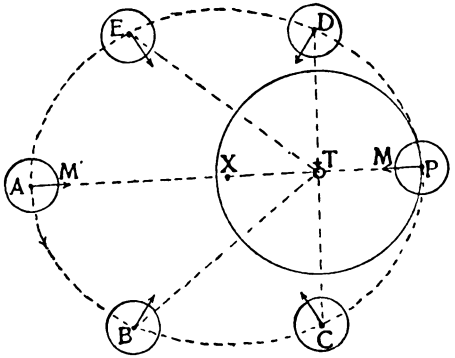


Fig. 68.

209. — Questa **librazione in longitudine** è dovuta all'orbita ellissoidale, percorsa dalla Luna con moto vario, accelerato nel perigeo, ritardato nell'apogeo (I, n. 373); mentre il moto di rotazione, secondo la nota legge d'inerzia, resta uniforme. Da questa discordanza si spiega il fenomeno della librazione in questo modo (Fig. 68).

(1) Più esattamente il tempo di una rotazione è uguale a quello del mese siderale di 27,3216607 giorni (I, n. 490); conseguentemente la velocità diurna della rotazione uniforme della Luna è uguale a $360° : 27{,}32 = 13°11'$.

Digitized by Google

L'ellisse A B C D E rappresenti l'orbita lunare, A l'apogeo, P il perigeo; nel foco T si trovi la Terra. Essendo accelerato il moto lunare da P verso D, un punto centrale M, girante sempre con moto medio uniforme intorno all'asse lunare, rimane indietro, cosicchè, arrivata la luna in D, il punto M, che in P coincideva col centro lunare, ora vedesi spostato verso sinistra dalla linea visuale centrale T D. Ritardando il moto di traslazione verso l'apogeo A, arrivata la Luna in E, il punto M comincia ad avvicinarsi di nuovo verso il centro del disco, per coincidere con esso, arrivata che sia la Luna in A. Da A verso P il fenomeno è perfettamente inverso, cioè la rotazione di M supera quella del moto angolare di traslazione; M precorre, spostandosi ora dall'altra parte del centro, finchè nel perigeo P si forma di nuovo coincidenza col centro apparente. (1)

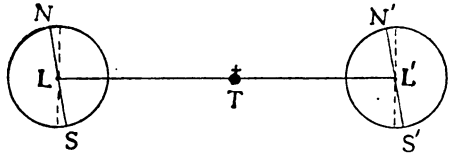


Fig. 69.

210. — Siccome poi (Fig. 69) l'asse di rotazione N S della Luna non è del tutto perpendicolare al piano dell'orbita, ma fa coll'asse dell'eclittica un angolo di 1° 32′, e d'altronde le leggi meccaniche richiedono, che esso rimanga parallelo alla sua posizione primitiva, cioè N S ‖ N′ S′ (astraendo per ora dalle piccole perturbazioni), ne segue un'apparente **librazione in latitudine**, per la quale noi vediamo ora il polo Sud S, restando invisibile quello del Nord N, mentre un mezzo mese dopo vediamo invece il polo Nord N′, rimanendo invisibile il polo Sud S′. Essendo l'orbita della Luna già inclinata di 5° 9′ all'eclittica, la librazione in latitudine arriva a 2 volte 6° 41′ ossia a 13° 22′.

211. — Nelle figure precedenti (68 e 69) la Terra è rappresentata come un punto, essa invece ha un raggio considerevole rispetto alla distanza lunare. Vi avrà luogo quindi anche una terza librazione parallattica, per la quale la Luna, veduta da varie parti del nostro globo, non rappre-

(1) Da ciò si conclude che il periodo della librazione in longitudine deve essere uguale a quello della *rivoluzione anomalistica* (I, n. 490).

Digitized by Google

senta esattamente lo stesso emisferio, collo stesso punto (superficiale) centrale apparente. Come la parallasse lunare (I, n. 267) è massima quando la Luna trovasi nell'orizzonte, minima o nulla allo zenit, così questa librazione ottica (o diurna) arriva nell'orizzonte a $\pm$ 57′; il suo valore totale a 1° 54′. Per il complesso di queste varie librazioni noi sulla Terra vediamo successivamente più della metà, anzi circa $\frac{4}{7}$ della superficie lunare. Il fatto delle librazioni fu già riconosciuto da Galilei, il quale le chiamava titubazioni.[1] Un'erudita discussione dei vari fenomeni, fatta dal P. Riccioli, trovasi nell'*Astronomia reformata* del medesimo.[2]

212. — Le fasi lunari (I, n. 488), le quali dipendono dall'angolo sotto il quale i raggi solari, illuminanti la Luna, vengono riflessi verso la Terra, conferiscono non poco a cambiare l'aspetto non soltanto del disco lunare intero, ma anche delle varie formazioni. Quello che rende ben visibile un oggetto, oltre la sua luminosità, è il contrasto con oggetti più o meno oscuri, che lo circondano. Se per es. un cono collocato sopra un tavolino viene illuminato da un lume laterale, esso getterà ombra dalla parte opposta e sarà perciò facile distinguerlo come un oggetto diverso dalla mensa del tavolino. Se invece la luce venisse nella direzione dell'asse del cono stesso, esso uniformemente illuminato da tutte le parti come lo stesso tavolino, sarebbe poco visibile. Così le varie formazioni montagnose della Luna al tempo del plenilunio, quando la Luna

(1) Op. Gal., vol. III, ed. Firenze, 1843, pag. 179. — La parte corrispondente dell' Ed. nazion. non sembra finora pubblicata.

(2) Riccioli, *Astr. reform.* Bononiae, 1665, in-fol. pag. 168–200. Ivi si trovano registrate le molte osservazioni di Hevel, Gassendi, Boulliau e Grimaldi, le quali servirono a fissare le idee sulla teoria della librazione, la quale, come confessa lo stesso Mädler (*Geschichte der Astr.* I, 258) fu formulata più precisamente dal Riccioli, che non dall'Evelio. Più tardi è stata scoperta (teoreticamente) una piccola ineguaglianza annua nella librazione in longitudine di circa 5′. Appena osservabile è una librazione particolare, che viene anche chiamata *librazione fisica* (*od originale*), poichè la sua origine sembra dovuta alla figura anormale della Luna, alquanto differente da una figura perfettamente sferica, per la quale il diametro lunare voltato verso la Terra, un poco più lungo dell' asse di rotazione, oscillerebbe un pochettino intorno al raggio vettore; ma non è stato possibile finora di separare il valore di tale librazione (minore di 3″) dagli errori inevitabili di osservazione. Basta perciò d'averla qui accennata.

Digitized by Google

è del tutto uniformemente illuminata dal Sole, sono poco visibili, mentre al tempo delle fasi meno progredite, specialmente quando trovansi sul circolo terminatore (n. 198), spiccano in un modo sorprendente, cosicchè talvolta anche l'occhio nudo può distinguerle.(1) Così per esempio il cosidetto **Sinus Iridum** (Fig. 70) da noi spesse volte veduto in questo modo, offre l'apparenza d'una stella attaccata al detto circolo, mentre nel cannocchiale si distinguono tutti i particolari, delineati nella figura, specialmente il Capo di Laplace a sinistra del golfo ed il Promontorio di Eraclide al disopra, che sembra la testa di un busto. Il disegno fu eseguito da noi al nostro piccolo equatoriale (I, n. 205) il 15 luglio 1902.

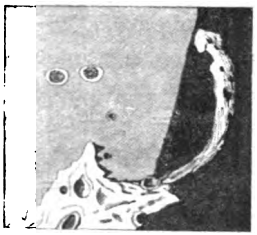


Fig. 70. Levar del Sole nel *Sinus iridum*.

213. — La grandezza della fase (astraendo dalla parallasse) si determina mediante l'angolo α (Fig. 71) sotto il quale si vede dal centro della Terra T quello C della Luna, e quello O del Sole.(2) O T C rappresenti quest'an-

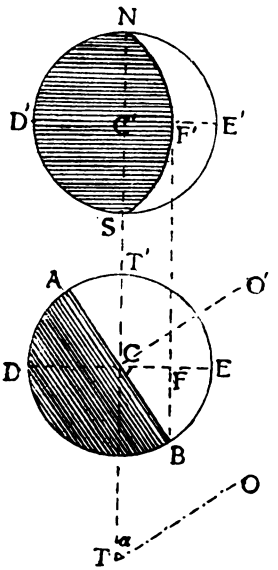


Fig. 71.

(1) Il circolo terminatore (astraendo dalle ineguaglianze superficiali del globo lunare) può essere considerato come un circolo massimo della Luna, il piano del quale è perpendicolare ai raggi solari. Rigorosamente parlando un poco più di un emisfero lunare viene allo stesso tempo illuminato dal Sole, essendo quest'astro maggiore della Luna. Anzi l'eccesso diventa anche maggiore, quando la Luna è più vicina al Sole (al tempo della congiunzione ossia del Novilunio). Così si spiegano gli apparenti paradossi: *La Luna non è mai così poco illustrata dal Sole che quando è piena; non è mai tanto illuminata che quando è invisibile a noi?* Cfr. RICCIOLI, *Alm.*, I, 191.

(2) La parte superiore rappresenta il disco lunare proiettato sul fondo del cielo; l'inferiore la proiezione sul piano O T C. Le cuspidi N (Nord) e S (Sud) della fase, o meglio la linea di congiunzione N S può avere diverse posizioni rispetto all'orizzonte dell'osservatore. Per mezzo della

Digitized by Google

golo, allora essendo sensibilmente $CO' \parallel TO$, il diametro AB della Luna ($AB \perp CO'$) rappresenterà il circolo terminatore (proiettato sul piano che passa per i tre centri T, C, O); $DE \perp CT$ il circolo terminante l'emisferio visibile dalla Terra; conducendo $BF \perp CE$; $EF = E'F' = f$ rappresenterà la grandezza della fase NF'SE'. Ora, chiamando r il raggio lunare, avremo $CE - CF = CB - CB\cos\alpha = r(1 - \cos\alpha)$ ossia $f = r$ *seno verso* α.

Al tempo della *congiunzione* (I, n. 320), essendo $\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, sarà $f = 0$, vi sarà la fase del Novilunio; alla prima *quadratura* $\alpha = 90°$, $\cos\alpha = 0$, $f = r\ (1 - 0) = r$; cioè la fase visibile abbraccia il raggio della Luna (voltato verso il Sole), si avrà il Primo Quarto; al tempo dell'*opposizione* $\alpha = 180°$, $\cos\alpha = -1$, $f = r\ (1 + 1) = 2r$; cioè la fase visibile abbraccia tutto il diametro, vi sarà Plenilunio; finalmente all'ultima *quadratura*, essendo $\alpha = 270°$, $\cos\alpha = 0$, $f = r$; si avrà l'Ultimo Quarto. Similmente per qualunque valore di α si determinano le fasi intermedie per qualunque tempo, bisogna però notare, che quest'angolo giace nel piano dei tre centri (Terra–Luna–Sole); l'arco corrispondente sulla sfera celeste forma coi rispettivi circoli di longitudine e latitudine un triangolo sferico rettangolare, del quale si conoscono facilmente i detti due cateti, quindi anche l'ipotenusa α. (1)

medesima gli astrologi solevano trovare la posizione dell'eclittica, essendochè il circolo massimo passante per essa, passa anche sensibilmente pel polo dell'eclittica. Conseguentemente, quando NS trovasi in un circolo verticale, la Luna indica la posizione del *Nonagesimo* (I, n. 48).

(1) Nel caso della Luna l'angolo α percorre sensibilmente (ogni mese) tutti i valori possibili da 0° a 360°, d'onde anche le fasi lunari passano per tutte le variazioni possibili. Nel caso dei pianeti che circolano intorno al Sole, i raggi solari che illuminano il pianeta e la Terra, non si possono più considerare come paralleli. Intendendo allora con α l'angolo $T'CO'$ (Fig. 71), che fa il prolungamento della linea visuale TC oltre il centro planetario (C), col raggio solare CO', si potranno applicare le stesse formole, e si troverà facilmente che i pianeti inferiori (☿ e ♀) passano per tutte le fasi possibili, mentre i superiori (♂, ♃, ♄, ecc.), a cagione della piccolezza relativa del raggio vettore terrestre, non ammettono una grande variazione di α, che si scosta tanto meno da 180°, quanto il pianeta è più lontano dal Sole (e dalla Terra). Essi conseguentemente mostrano a noi un disco quasi tutto pieno. Il più vicino, Marte, al tempo della quadratura col Sole, dove la fase è minima, mostra ancora sempre

Digitized by Google

214. — **La visibilità della fase** prima o dopo la congiunzione col Sole dipende da varie circostanze: dalla bontà della vista dell'osservatore, dalla purezza o serenità del cielo, dalla latitudine della Luna, dalla velocità del moto relativo del Sole e della Luna, e dalla posizione dell'orizzonte, che abbrevia il crepuscolo (I, n. 237). Se al tempo del Novilunio la latitudine della Luna è considerevole (di circa 5°), allora la distanza angolare dal Sole sarà, dopo un tempo più breve, quella assolutamente richiesta alla visibilità della fase. Se inoltre la Luna trovasi allora nel perigeo, il Sole nell'apogeo, i due astri si allontanano più presto l'uno dall'altro, e conseguentemente la fase sarà più presto visibile. Generalmente parlando ci vuole una distanza angolare di 14 gradi per la visibilità della fase ad occhio nudo, e a questa (in circostanze ordinarie) la Luna arriva in circa 25 o 26 ore, dimodochè la neomenia o *luna prima* dei calendaristi (I, n. 564), accade almeno un giorno dopo il novilunio. Autori degni di fede narrano però, che talvolta la Luna fu veduta lo stesso giorno, prima e dopo la sua congiunzione col Sole; anzi Keplero racconta che nel 1553 in Siviglia la Luna nuova fu osservata « accanto al Sole »;[1] d'onde egli conclude che la Luna al tempo della congiunzione avendo la latitudine massima di 5° (supposto il Sole coperto da qualche montagna), potrebbe rimanere visibile nella stessa congiunzione a cagione non tanto della fase sottilissima di un settantesimo del diametro, quanto della luce cinerea che riceve dalla stessa Terra.[2]

più di 7/8 parti del diametro illuminate. Nel caso di Giove neppure la centesima parte del diametro viene oscurata. Il *Nautical Almanac* di Greenwich dà per ogni mese dell'anno « la porzione illuminata dei dischi di Venere e Marte » (1905, pag. 577).

(1) « Anno 1553, ut vir gravis ac literatissimus (Herwartus) ad me perscripsit, visa est Hispali Luna iuxta Solem stans in Piscibus in ipso coeli medio. Tota civitas spectabat et testabatur » (KEPLERI, *Opera omn.*, II, 699). Del resto Plinio conosceva già la regola comune: « Intra quatuordecim autem partes Solis, (Lunam) semper occultam esse ». *Hist. nat.*, lib. II, c. 11). « Novissimam vero primamque eadem die vel nocte, nullo alio in signo quam Ariete, conspici: id quoque paucis mortalium contigit; et inde fama cernendi Lynceo » (*Ib.*, c. 15).

(2) *Astronomiae pars optica*, c. VI, § 11. *Op. omn.*, II, 291.

Digitized by Google

Art. V. — Selenografia moderna.

215. — Coordinate selenografiche, simili alle geografiche, formano la base più sicura per l'orientazione delle varie regioni e formazioni della superficie lunare. Il primo che introdusse cotal metodo fu l'astronomo tedesco Tobia Mayer († 1762) di Göttingen, il quale riferendo le posizioni dei singoli punti all'equatore lunare determinò le loro latitudini e longitudini. Le latitudini boreali furono notate col segno positivo (+), le australi col segno negativo (—); le longitudini selenografiche, contate dal meridiano *centrale*, furono distinte similmente in longitudini positive (+) verso ovest, negative (—) verso est.[1] L'intersezione C (Fig. 72) del meridiano iniziale N C S coll' equatore E C W chiamasi il **centro medio** del disco, il quale a cagione delle molteplici librazioni (già descritte) coincide raramente col centro vero o apparente O. Si distinguono perciò le librazioni di O in librazioni positive o negative, tanto in latitudine quanto in longitudine. Se per esempio il centro apparente O ha una librazione positiva, in longitudine ed in latitudine, esso, selenograficamente, si troverà nel quadrante N C W del disco; C invece si troverà nel quadrante Sud-Est E O S del disco apparente, come vedesi nella figura.

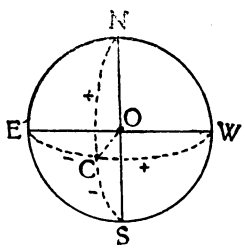


Fig. 72.

216. — Praticamente sarà sempre necessario di riferire le prime misure micrometriche, da farsi al telescopio, al **centro** apparente O, e poi per mezzo del calcolo al centro C; ma anche la determinazione precisa del punto O, quando trattasi di somma precisione, offre non poche difficoltà. Imperocchè questo punto centrale del disco apparente deve essere determinato per misure micrometriche del lembo,

(1) *Polo Nord* chiamasi il polo lunare attualmente (cioè senza inversioni telescopiche), voltato verso il polo artico della Sfera celeste (I, n. 12); similmente *lembo orientale* quello voltato verso levante. Questo modo di orientazione si suol servare anche per gli altri corpi celesti.

Digitized by Google

il quale, osservato con forti ingrandimenti, non offre più quella figura netta e perfettamente circolare (n. 200), che vedesi in istrumenti minori. Per escludere questa sorgente di errori si ebbe ricorso ad un punto ben visibile ed abbastanza centrale della stessa superficie lunare. Determinando una volta per sempre l'esatta posizione selenografica di questo punto, tutte le altre posizioni possono essere riferite al medesimo, nel modo più speditivo, cioè per mezzo delle coordinate equatoriali, ascensione retta e declinazione (I, nn. 29 e 193). Il primo che adoperò questo metodo, già suggerito dal Mädler, fu l'astronomo Wichmann di Königsberg (Prussia), il quale prescelse a ciò il piccolo ma brillante *cratere* **A presso Mestlino** (Fig. 73).[1] La determinazione selenografica, ripetuta e perfezionata dal Franz (dello stesso osservatorio), diede come risultato la posizione: *longitudine* $= -5^{\circ}\,10'\,19''.7 \pm 7''.9$; *latitudine* $= -3^{\circ}\,11'\,24'' \pm 5''.5$. Dopo ciò il *Berliner Jahrbuch* dal 1894 suol dare una effemeride completa della variazione del medesimo punto, relativamente al centro apparente del disco, per tutti i giorni dell'anno, nei quali la Luna (rispettivamente Mestlino A) è osservabile. Così il problema delle misure micrometriche delle singole formazioni lunari e della riduzione alle coordinate selenografiche, in sè abbastanza complicato, è diventato accessibile agli stessi dilettanti di cotali osservazioni.

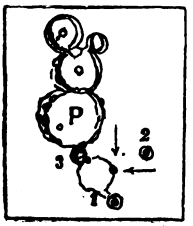


Fig. 73.
Cratere A Mestlino.

(1) Il cratere vicino ricevette prima dal Mädler il nome *Mösting*, in onore del primo ministro del re Federico VI di Danimarca, fautore degli studi astronomici. L'astronomo Schmidt dell'osservatorio di Atene, cambiò il nome in *Mestlino* (per onorare con ciò la memoria del noto astronomo di Tübingen, maestro del celebre Keplero). Lohrmann notava la stessa formazione con un semplice n. 85 (cfr. n. 203). È inutile avvertire, che col nome *cratere* indichiamo intanto solamente una certa somiglianza di questa e simili formazioni coi crateri terrestri. Per trovare più facilmente il punto (A), indicato da frecce nella nostra figura, si noti che esso è quasi il centro di gravità del triangolo formato dai tre crateri *Mestlino* (1), *Lalande* (2), *Herschel* (3), i quali trovansi al Nord-Est del bel circo *Petavius* (P), al disopra del quale si vedono pure *Alphonsus*, *Arzachel* e *Alpetragius*. Nello strumento dei passaggi A segue 24^{s} fino a 30^{s} dopo la brillante formazione *Dionisius*, che trovasi sulle coste vicine del *mare tranquillitatis* presso l'equatore.

Digitized by Google

217. — Usando forti ingrandimenti, non si può avere nel medesimo campo del telescopio un oggetto qualunque insieme al detto punto fondamentale A; i moderni selenografi (Lohrmann, Mädler, Neison, Schmidt, ecc.) determinarono perciò (sebbene non con lo stesso grado di precisione) altri (circa 157) **punti fondamentali**, sparsi sopra tutto il disco visibile, i quali si trovano enumerati nell'opera dello Schmidt, che forma il commentario (Erläuterungsband) alla gigantesca carta lunare dello stesso autore.[1] Con ciò non solamente la **topografia lunare**, ma anche il teorema delle misure altimetriche delle montagne della Luna, dedotte dalla lunghezza delle ombre rispettive (n. 201), entrò in uno stadio di maggiore perfezionamento.

218. — **La Carta di Giulio Schmidt**, testè citata, è la migliore e più grande che attualmente possediamo in disegno. In essa vediamo sopra lo spazio di un disco del diametro di una tesa (1,949 metri), raccolto il materiale di circa 2000 disegni originali, fatti dall'autore durante 35 anni nei vari osservatorii di Holstein, Amburgo, Düsseldorf, Bonn, Olmütz, Roma, Vienna ed Atene.

Come la carta del Lohrmann,[2] così questa è divisa in 25 sezioni, le quali messe insieme mostrano il globo intero lunare co' suoi punti fondamentali in proiezione ortografica (I, n. 63). Conseguentemente tutte le formazioni vicino al lembo dell'emisfero visibile sono vedute in iscorcio, come si vedono realmente le medesime dalla Terra (o meglio da un punto infinitamente distante). Le coordinate selenografiche, come i nomi delle varie formazioni, sono indicati con semplici numeri, per non imbrogliare il disegno. I numeri rimettono poi ai rispettivi commentari, di modo che l'identificazione delle migliaia di det-

(1) *Charte der Gebirge des Mondes*. Berlin, 1878, 7. — Questo mappamondo lunare, esposto nel 1874 all'osservatorio di Berlino, suscitò l'interesse di tutti, ed in modo particolare del principe ereditario, poscia imperatore Federico III, e del generale Moltke, per l'alta protezione dei quali la carta fu poi pubblicata a spese del Ministero di pubblica istruzione.

(2) *Mondkarte in 25 Sectionen und 2 Erläuterungstafeln*. Leipzig, 1878. Il Lohrmann pubblicò nel 1824 un primo fascicolo delle sue accurate osservazioni lunari, fatte in Dresda, con quattro tavole d' incisioni, alle quali nel 1839 fece seguire una piccola carta generale della Luna. L'edizione completa delle 25 sezioni fu fatta dallo stesso Schmidt dopo la morte del Lohrmann († 1840).

Digitized by Google

tagli non riesca difficile. La scala adoperata è quella del Lohrmann, raddoppiata, cioè la proporzione colle dimensioni reali e quella di 1 : 1 783 200 ossia di circa 1 $^3/_4$ milionesimo. L'orientazione, indicata dalle parole Nord-Sud-Est-West, è quella dell'imagine inversa, veduta nel telescopio astronomico (I, n. 174). Ombre leggere rappresentano più o meno il colorito vario della superficie lunare. Essendo impossibile dare anche un semplice facsimile impiccolito in questo nostro compendio, dobbiamo rimettere i nostri lettori, desiderosi di altri particolari, all'opera originale.

219. — Oltre la mentovata bella pubblicazione dello Schmidt meritano qui speciale menzione **simili lavori selenografici** di Beer e Mädler,(1) di Birt,(2) Nasmyth e Carpenter(3) e del Neison,(4) i quali sebbene non mostrino la grandiosità dell'opera predetta, sono nondimeno illustrazioni e commenti pregevolissimi della selenografia moderna, e formano un mezzo comodo per studi particolari di questo genere. Tutte queste pubblicazioni mostrano inoltre, quanto possa ottenersi in questo campo di ricerche anche con istrumenti, i quali oggidì potrebbero credersi sotto il livello dei progressi moderni. Anzi

(1) *Mappa selenographica*, totam Lunae hemisphaeram visibilem complectens. Berolini, 1857. I quattro fogli messi insieme formano un disco di 0,95 metri di diametro. Una seconda edizione, corretta dal Mädler, fu pubblicata nel 1877. Altre edizioni con scala ridotta (0,22^m) sono degli anni 1837 e 1875. Il testo esplicativo molto particolareggiato apparve nel 1860 sotto il titolo: *Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen.*

(2) *A catalogue of lunar objects, with notes and illustrations.* London, 1872, in-4°. *Selections from the portofolios of the editor of the lunar map and catalogue.* London, 1873 e 1874. La grande carta preparata dal Birt rimase inedita.

(3) *The Moon considered as a planet, a world and a satellite.* II ed., 4°, London, 1874. Una traduzione tedesca fu fatta da H. J. Klein, *Der Mond als Planet, Welt und Trabant.* Leipzig, 1876, 4°. L'opera è accompagnata da venti illustrazioni delle regioni più interessanti.

(4) *The Moon and the conditions and configurations of its surface.* London, 1876, 8°. Anche quest'opera assai completa fu tradotta dallo stesso Klein, *Der Mond und die Beschaffenheit und Gestaltung seiner Oberfläche*, con un'appendice sopra alcune mutazioni sulla superficie lunare. L'opera è accompagnata da un Atlante assai completo di 25 carte particolari e 5 tavole, e forma uno dei contributi più meritevoli della selenografia moderna.

Digitized by Google

il Neison dice espressamente, e noi possiamo confermarlo con la propria esperienza, che telescopi con un'apertura da 10 a 15 cm. prestano eccellenti servizi, e sono, giudiziosamente applicati, talvolta preferibili ai grandi rifrattori moderni con

Fig. 74. La Luna piena (fotografia di Warren de la Rue).

le loro imperfezioni (I, n. 182). Chi desiderasse poi un formulario completo per le molteplici riduzioni da farsi, per la determinazione dei poli e dell'equatore lunare, del meridiano iniziale e centrale, del centro medio, dei punti fondamentali e secondari, lo troverà nel capitolo XXIX della lodata opera del Neison.

220. — La selenografia moderna entrò in uno stadio nuovo di promettente sviluppo coll'introduzione della **fotografia**

Digitized by Google

(n. 23); si credette allora di potere eliminare la diffidenza, colla quale si sogliono guardare le riproduzioni, difficilmente controllabili, fatte a mano. Uno sguardo ad una delle magnifiche fotografie moderne della Luna mette l'osservatore virtualmente

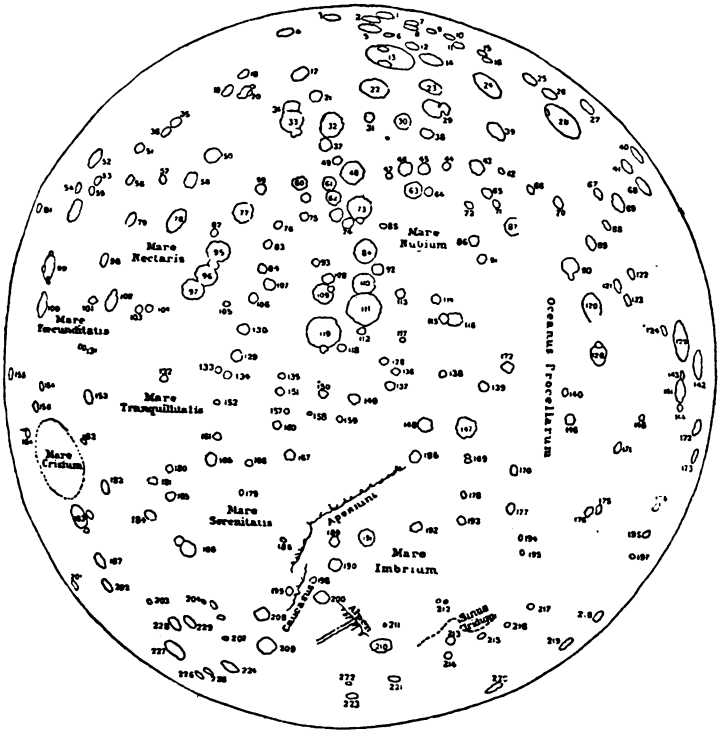


Fig. 75. Carta schematica delle formazioni lunari (secondo Mädler) corrispondente alla figura 74.

davanti al telescopio, col quale l'astronomo fece le sue osservazioni, e gli mostra, senza bisogno delle interpretazioni d'un terzo, tutte le particolarità della superficie con incompareggiabile fedeltà, non solamente in quanto ai dettagli più minuti, ma anche rispetto alla posizione relativa, che occupavano le singole formazioni all'istante della riproduzione sul disco apparente della Luna. La figura 74 è una riproduzione impiccolita di una delle prime splendide fotografie di Warren de la Rue, alla quale

Digitized by Google

abbiamo aggiunto lo schema del Mädler (Fig. 75), che rende più facile l'indentificazione delle principali configurazioni. (1)

221. — Gli astronomi parigini Loewy et Puiseux cominciarono fin dal 1896 la grandiosa opera d'un **Atlante lunare fotografico**, le imagini del quale corrispondono ad un disco lunare di $2^m 50$. Adoperando il grande cannocchiale a gomito (I, n. 208), lungo 18 metri e di 60 cm. di apertura, essi ottennero prima delle imagini focali dirette di rara finezza, le quali fornirebbero una fotografia di tutta la Luna del diametro di 18 cm. circa. Sottoponendo le singole regioni lunari ad ingrandimenti più forti, le dimensioni furono aumentate considerevolmente; finalmente con processo eliografico si ottennero le tavole dell'Atlante. In tutta questa riproduzione fotografica non intervenne la manò dell'artista, ma tutto era delineato dallo stesso raggio luminoso, modificato dalle stesse

(1) Per confrontare questo schema, colla carta del P. Riccioli (Fig. 67, pag. 169) si noti, che le figure 74 e 75 sono inverse, cioè rappresentano la Luna, come viene osservata in un cannochiale astronomico, mentre l'orientazione delle figure 65 e 67 è quella della Luna veduta ad occhio nudo. Per dare un saggio dei nomi aggiunti da altri Astronomi a quelli del Riccioli, e per completare il significato dei presenti numeri (in parte già spiegati nella lista precedente n. 202) notiamo:

Agrippa 151
Airy 93
Apollonius 154
Arago 152
Baco 17
Baily 207
Bessel 179
Bonpland 116
Borda 56
Boscovich 160
Bouvard 40
Briggs 196
Cassini 200
Cavendish 88
Colombo 98
Condamine 214
Condorcet 164
Damoiseau 124
Davy 113
Delambre 129
Delisle 195
Descartes 106
Diophantus 194
Doppelmayer 70
Encke 140
Flamsteed 126
Fontenelle 221
Fourier 67
Gama 173.
Gambart 138
Gaertner 224
Gauss 201
Gay-Lussac 169
Gérard 218
Godin 135
Guericke 114
Gutenberg 102
Hansteen 123
Hase 54
Heinsius 38
Helicon 212
Hell 47
Hesiodus 64
Hippalus 87
Humboldt 81
Inghirami 27
Kant 105
Kies 72
Klaproth 8
Lacaille 74
Lagrange 68
Lahire 177
Lalande 117
Lambert 193
Letronne 120
Lichtenberg 197
Linné 188
Littrow 185
Lohrmann 143
Lubieniecki 91
Mairan 217
Maraldi 181
Maskelyne 132
Mason 204
Mayer 170.
Mercator 65
Messala 202
Messier 131
Mestlino 128
Nearchus 18
Newton 1
Olbers 172
Pallas 149
Parrot 108
Phocylides 25
Piazzi 41
Picard 163
Pico 211
Plana 205
Playfair 75
Poisson 60
Polybius 82
Ramsden 42
Réaumur 118
Repsold 219
Ritter 134
Römer 184
Ross 161
Sabine 133
Santbech 79
Saussure 51
Schröter 137
Schubert 155
Segner 16
Sharp 216
Short 2
Silberschlag 157
Snell 55
Sömmering 136
Stevinus 53
Strabo 226
Struve 203
Taylor 130
Thebit 85
Triesnecker 150
Ukert 159
Vitello 66
Vlacq 19
Wargentin 26
Wilson 9
Wurzelbauer 45

Digitized by Google

particolarità della superficie lunare. (1) La figura 76 (impiccolita) dà un'idea benchè assai imperfetta di tali capilavori.

222. — I grandi osservatori di Mt. Hamilton, ecc. (I, n. 181) nell'America del Nord hanno divisato varii modi di trasformare i loro potenti equatoriali in telescopi fotografici, producendo fotografie *negative* lunari di grandezza eccezionale, le quali formano la base d'un Atlante, simile a quello di Parigi. Il professor Weinek di Praga (n. 31) per mezzo di queste negative riproduce delle imagini lunari talmente ingrandite, che una carta completa della Luna, eseguita sulla medesima scala, avrebbe un diametro di 4 metri. In queste riproduzioni interviene però la mano dell'artista, il quale copiando fedelmente i *clichés* ingranditi, trascura le imperfezioni e perfeziona le cose appena accennate. Ciononostante l'**Atlante di Praga**

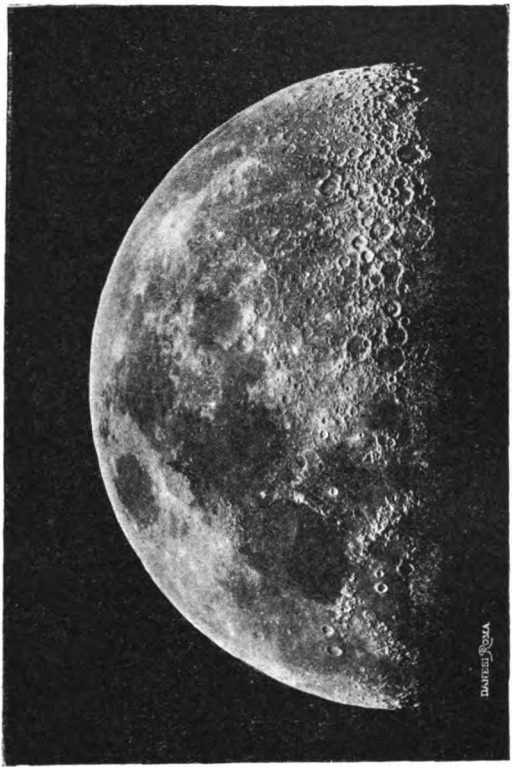


Fig. 76. Imagine inversa del Primo Quarto della Luna (secondo le fotografie di Loewy e Puiseux).

(1) Le tavole dell'Atlante hanno un formato di 60 e 76 cm. con imagini di 48 e 58 cm. La *Società belga d'Astronomia* prepara un'edizione in dimensioni ridotte, la quale essendo più maneggevole e meno costosa, si presterà a rendere segnalati servizi a tutti gli studiosi della selenografia.

Digitized by Google

può e deve chiamarsi l'aiuto più perfetto per gli studi selenografici più minuti. Ad onta di tutti questi mezzi moderni rimane però sempre vero quello che abbiamo già detto di sopra, parlando della fotografia celeste in genere, che la fotografia non potrà mai dispensarci da osservazioni dirette. Per ottenere buone fotografie è necessario, di accorciare quanto si può il tempo della posa; lastre di una sensibilità istantanea richiedono sempre una superficie argentea più o meno ruvida, la quale forma un ostacolo agli ingrandimenti, nei quali queste ineguaglianze si riproducono similmente in scala maggiore, confondendosi colle particolarità oggettive della superficie dell'oggetto fotografato. E difatti quelle riproduzioni ingrandite della Luna danno soltanto un aspetto simile a quello che gode l'occhio al telescopio, se sono guardate da una distanza di parecchi metri; cioè se vengono di nuovo ridotte alla scala della lastra originale.

ART. VI. — STUDIO PARTICOLARE DELLE FORMAZIONI LUNARI.

223. — I mari della Luna (n. 203), cioè quelle regioni estese più oscure, ben distinguibili anche ad occhio nudo, vedute nel cannocchiale, presentano l'aspetto di grandi pianure più o meno livellate, le quali, non ostante la loro depressione sotto il livello delle regioni adiacenti, sembrano del tutto **prive di acqua**. Imperocchè si vedono chiaramente tutti i particolari di quei bassifondi. Leggiere elevazioni vedonsi diramarsi in varie direzioni; monticelli ed argini qua e là rialzano le loro teste sul fondo ondulato circostante; piccoli crateri, a foggia di pozzi, trovansi sparsi nei bacini dei medesimi cosidetti mari. L'assoluta mancanza di un'atmosfera apprezzabile costituisce un argomento perentorio per l'anzidetta mancanza di acqua. Mancando cioè la pressione atmosferica, l'acqua (o qualunque liquido somigliante), dovrebbe evaporare del tutto ed inviluppare co' suoi vapori il globo lunare; ora invece non si scorge neppure la minima nuvoletta in quei dintorni limpidi e costantemente sereni del cielo lunare. Per la qual causa i mari della Luna potrebbero piuttosto confrontarsi coi grandi deserti del nostro globo terra-

Digitized by Google

queo, con quelle superficie di sabbie quasi perfettamente livellate, che coprono pure grandi estensioni della nostra Terra, le quali una volta sommerse nell'oceano, dipoi con nuove elevazioni della crosta terrestre hanno riversato le loro acque in altri serbatoi (n. 110 sgg.).

224. — **Paludi, stagni e laghi** chiamansi, secondo Riccioli (n. 201), i bassifondi più piccoli, come *palus somni*, *palus nebularum*, *stagnum glaciei*, *lacus mortis*, ecc, i quali si rassomigliano alle rispettive formazioni terrestri. Similmente col nome di **Seni** si notano quelle porzioni dei *mari* che s'insinuano nei terreni più rilevati, come il *sinus iridum* (Fig. 70) alla costa nord-est del *mare imbrium*, il *sinus aestuum* all'est del *mare vaporum*, il *sinus medii* nella regione centrale del disco lunare, ecc.

Tutte queste formazioni di basso livello, rimarchevoli per il loro **colorito oscuro**, cioè: i mari, seni, paludi o laghi, occupano circa due quinti dell'emisfero visibile della Luna; esse abbondano nelle regioni orientali specialmente verso nord, si trovano con forme più precise ma in numero più scarso nelle regioni occidentali, anche ivi specialmente verso nord, mancando quasi del tutto verso sud.

Vi sono però anche **pianure luminose**, le quali, sommate insieme, cuoprirebbero circa la sesta parte della superficie visibile, indicate già dal P. Riccioli col nome di **Terrae**. Così al lembo nord-est, tra la latitudine selenografica 40° e 50°, con un'estensione longitudinale di circa 30°, trovasi una vasta estensione di questo genere, chiamata dal Riccioli *Terra vitae*, la quale, benchè superi in grandezza il noto *mare crisium*, nondimeno si sottrae per il suo colorito facilmente all'osservazione.

225. — **Circhi** chiameremo in generale tutte quelle formazioni montagnose più o meno circolari, sparse in grande abbondanza sopra tutta la superficie lunare, specialmente nelle regioni australi, il caratteristico delle quali consiste in un argine roccioso, che a foggia di anfiteatro circonda una pianura quasi perfettamente livellata. [1] L'aspetto esterno ri-

(1) La forma circolare si rileva anche da ciò, che l'asse maggiore dell'ellisse, che formano nella loro proiezione ortogonale, sta generalmente parallelo al lembo del disco apparente della Luna.

Digitized by Google

corda i nostri crateri terrestri, per cui non pochi autori li chiamano semplicemente **crateri**; noi invece riserveremo questo nome alle formazioni minori di questo genere, le quali sem-

Fig. 77. Catena degli Appennini col circo di Archimede.
(Secondo Nasmyth e Carpenter).

brano difatti derivare la loro origine da eruzioni vulcaniche, come vedremo nel capitolo seguente. La figura 77 rappresenta un bel gruppo di questo genere, Archimede, Aristillo ed Antoclus nella *palus nebularum*; verso sud si vede la bella

Digitized by Google

catena degli Appennini che si protrae nella direzione sud-est fino al circo Eratosthenes. [1] I *circhi* hanno un diametro da 60 a 250 km. e possono dividersi in due categorie, quelli cioè, nei quali la pianura interna è quasi perfettamente liscia, e quelli nei quali lo stesso piano è sormontato da elevazioni interne. Alla prima categoria appartengono, per esempio, *Plato* al nord-est della *palus nebularum*, *Regiomontanus* sulle coste australi del *mare nubium*, *Grimaldi* e *Riccioli* al lembo orientale vicino all'equatore, *Baily* tra questi ultimi ed il *mare humorum*. Tutti questi hanno allo stesso tempo un fondo assai oscuro, col quale formano una cosa di mezzo tra i *mari* propriamente detti ed i circhi somiglianti con fondi lisci più chiari, quali sono p. es. *Archimede* all'ovest del *mare imbrium*, 60° dal polo Nord, *Cuvier* alla latitudine australe di 50°, *Abulfeda* (lat. —13°, long. occid. 13°) ecc.

226. — **Plato** (cfr. Fig. 74), veduto in un binoccolo ordinario, si rassomiglia tanto al *mare crisium*, cioè a quella macchia ellittica oscura (vicino al lembo occidentale), che si potrebbe confondere l'uno coll'altro, se la posizione non fosse tanto diversa. Mentre il *mare* ha un diametro di circa 600 km., *Plato* ne misura 100, cosicchè un ingrandimento di 6 volte soltanto porta il circo alle dimensioni del mare. Il colorito di *Plato* subisce curiose variazioni secondo la varia altezza del Sole sull'orizzonte. Quando l'astro del giorno trovasi ad un'altezza relativa da 0° a 20°, il colore del circo è più o meno cinereo; col crescere dell'altezza del Sole, il fondo oscuro, invece di rischiararsi, diventa vieppiù nero. Ingrandimenti maggiori mostrano inoltre nel piano interno formazioni particolari, cioè circa 15 piccoli crateri ed altrettante elevazioni coniche, che appariscono come semplici punti bianchi in mezzo al fondo nerastro della pianura circostante.

227. — Fra gli innumerevoli Circhi, i quali colle loro elevazioni interne si rassomigliano più ai crateri vulcanici,

(1) La figura 77 è una riproduzione di quella di Nasmyth e Carpenter, i quali modellarono prima le rispettive regioni in gesso, riproducendo i modelli così ottenuti fotograficamente. Per questo le rispettive figure mostrano una chiarezza sorprendente di dettagli, i quali però non si trovano necessariamente sulla Luna; ciononostante queste riproduzioni artificiali servono come un mezzo eccellente all'istruzione teorica.

Digitized by Google

spiccano il gigantesco *Copernicus*, lo splendido *Keplerus*, il raggiante *Tycho*, il fulgente *Aristarchus*. *Tycho* (cfr. Fig. 74) forma allo stesso tempo il centro di una **raggiera brillante**, la quale, spandendosi in tutte le direzioni sopra circoli massimi, arriva con alcuni rami alla lunghezza di 90° incirca, e fa apparire questo circo come il polo di una sfera armillare artificiale (I, n. 46). Similmente *Copernicus* e *Keplerus* sono circondati da nimbi luminosi, i raggi dei quali però sono meno estesi. Queste linee lucide che nel caso di Tycho si estendono fino ad una distanza di 3000 km., percorrendo lo loro strada quasi rettilinea indifferentemente attraverso le grandi vallate e montagne rocciose, non possono essere nè fossi, nè elevazioni considerevoli, come apparisce dal semplice fatto che non gettano ombre affatto; anzi diventano quasi invisibili, se la luce solare li illumina in direzione obliqua, cioè al tempo tra il novilunio e le due quadrature. Probabilmente l'apparenza è dovuta a depositi vulcanici preistorici, trasportati dai venti nelle varie direzioni, i quali hanno coperto d'una specie di vernice splendente tutto ciò che incontrarono sulla loro strada; ma di ciò nel capitolo seguente.

228. — **I crateri lunari**, cioè quelle formazioni che lasciano poco dubbio sulla loro origine vulcanica, sono di dimensioni minori. Il loro diametro varia tra le dimensioni più piccole e quelle di 60, anzi di 180 km. incirca. L'apertura centrale dei medesimi è perfettamente rotonda e forma colle roccie circostanti un rialzo più o meno considerevole sul livello delle regioni limitrofe. Un distintivo caratteristico è la luminosità, colla quale tradiscono la loro presenza. La costanza però di questo splendore è un segno evidente non trattarsi di eruzioni attuali di materia incandescente, ma di mero riflesso dei raggi solari sopra i depositi vulcanici di tempi passati. Alcuni crateri sono così piccoli, ma forniti di bocche così nettamente definite, che potrebbero sembrare pozzi artificiali recinti da muratura circolare. Il numero poi dei medesimi (in un senso però più generale della parola) è così grande, che adoperando un ingrandimento di 600 diametri, come attesta lo stesso Schmidt (p. 97), se ne conterebbero fino a centomila. Essi si riscontrano tanto sul fondo livellato dei mari, quanto sulle vette degli argini dei grandi circhi, in mezzo ai

Digitized by Google

quali si trovano in grande abbondanza nelle regioni polari antartiche. Coni crateriformi, simili ai nostri grandi crateri (n. 124) non mancano sulla Luna, ma è difficile di distinguerli dalle vette vicine, che spiccano nella luce solare, come è pure difficile di scoprire la loro apertura centrale relativamente piccola.

229. — Come esempio e compendio delle cose finora descritte, diamo qui una figura (78) del **Clavius**, fatta da noi stessi al grande equatoriale del nostro Osservatorio (I, n. 205) il 12 agosto 1902:

Il diametro maggiore di questo Circo grandioso misura circa 230 km. (come l'isola di Sicilia). L'argine principale che circonda la grande pianura interna ha un'altezza media di 3 km., ma si alza in alcuni punti fino a 5 km. Esso è però interrotto da circhi secondari, ai quali si aggiungono altri due nel mezzo della pianura. Un centinaio poi di crateri, dei quali soltanto i più cospicui vedonsi riprodotti nella figura, trovansi sparsi tanto nell'interno, quanto sugli argini di tutto l'insieme. L'aspetto di tutto il Circo, al tempo del levar o tramontar del Sole, è uno degli spettacoli più belli, che i nostri telescopi ci fanno godere nella contemplazione del mondo lunare. Il nascere dell'astro diurno si annunzia collo scintillìo delle cime montagnose verso ovest (parte sinistra della figura). La luce fulgente aumenta presto, e pian piano il Sole illumina tutto l'argine grandioso, il quale allora apparisce come una gigantesca cornice argentea intorno al quadro oscuro della piazza centrale di circa 40 000 km. quadrati. Quello poi che fa spiccare vieppiù il circo brillante si è, che anche le regioni esterne si trovano da principio ancora in un buio perfetto, di modo che la prominenza luminosa si fa perfino vedere ad occhio nudo, dando (come osservarono già Beer e Mädler) al corno australe vicino della falce lunare un'apparenza ottusa. Crescendo l'altezza del Sole sopra l'orizzonte del *Cla-*

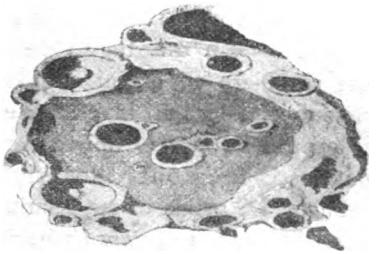


Fig. 78. Il circo Clavius (disegno dell'autore).

Digitized by Google

vius, le prominenze dei circhi interni, emergono i primi dall'oscurità della grande pianura; ben presto però si associano ad essi altri punti brillanti d'uno splendore incantevole, i quali vanno man mano unendosi in anelli minori di perle scintillanti. Finalmente la luce solare trova qualche interruzione nell'argine esterno, attraverso la quale comincia a spargere i suoi raggi sulla piazza centrale. Le ombre dell'argine stesso e dell'interno dei circhi particolari col loro contrasto e coi loro contorni bizzarri rendono i dettagli di tutta la formazione visibili in un modo sorprendente, ed è questo il momento del quale la nostra figura dà un'idea approssimativa, essendo impossibile di riprodurre tutti quei contrasti di luce ed ombra, che vede l'occhio al telescopio.

230. — **Le montagne della Luna** (oltre le già menzionate ringhiere ed argini degli innumerevoli Circhi e crateri), possono classificarsi in catene di alte elevazioni, che a foggia delle nostre Alpi ed Appennini, formano lunghi tratti continuati, in monti isolati, ed in altipiani di struttura ondulata. La prima classe relativamente rara, si trova al nord-ovest del *mare imbrium* (il mare più grande della Luna), intorno al quale le *Alpi*, il *Caucaso*, gli *Appennini* (cfr. Fig. 77), ed i *Carpazi* formano un semicerchio grandioso d'un raggio di più di 500 km. Questi monti differiscono però dagli analoghi terrestri, non solamente per la loro concatenazione, ma anche per la forma dirotta che presentano. Invece delle linee ondulate ed addentellate dei nostri monti terrestri, quelli della Luna formano un ammasso di picchi smussati, di scogliere interrotte, di vette salienti, che colle loro forme bizzarre si alzano nondimeno all'altezza di 5, 6 e 7 km. Nella figura 77 vedesi una parte degli Appennini vicino al circo *Eratosthenes*. Simili catene come le precedenti, ma isolate tra loro, vengono formate dai *Pirenei* (fra il *mare nectaris* ed il *mare foecunditatis*, dai *monti Heryni* (al lembo N E della Luna tra lat. 20° e 30°), dalle *Cordigliere* al lembo S E tra lat. 10° e 20°) e dalla catena *Doerfel* sul profilo del lembo S E (tra lat. — 60° e — 80°), la quale si alza in alcuni punti circa 8 km. al di sopra della pianura centrale. (1)

(1) Siccome l'acqua (col suo livello) manca sulla Luna, le altezze lunari possono soltanto valutarsi in questo modo relativo.

Digitized by Google

231. — Tra i **monti più alti** della Luna sono inoltre da annoverarsi le vette al S W del circo *Newton* (lat. — 78°, long. — 12°) che arrivano a 7 km.; quelle al N del circo *Curtius* (lat. — 68°, long. + 2°) con altezze di 5,5 km.; quelle al W di *Casatus* (lat. — 74°, long. — 30°) di 6,7 km.; quelle al W di *Maurolycus* (lat. — 42°, long. + 12°) di 3,6 km., ecc.

In quanto alle elevazioni montagnose in generale, come mostra un semplice sguardo della carta lunare, vi è una grande differenza tra le regioni australi e boreali. Mentre nelle prime abbondano i circhi di ogni sorta e grandezza, in queste invece dominano le grandi depressioni dei mari.

Formazioni particolari chiamate **rigole** [1] trovansi sporadicamente tanto nelle pianure, quanto nelle regioni rocciose della superficie lunare (cfr. Fig. 77). Sembrano solchi sottili, i quali a foggia di fiumi disseccati proseguono la loro corsa ora in linea retta, ora in linee tortuose, talvolta per centinaia di chilometri. Dall'apparente sottigliezza si conclude che la loro larghezza non arriva a $^1/_2$ km. Alcuni di questi solchi passano sopra i monti, incrociandosi alle volte vicendevolmente, ovvero piegando intorno a qualche oggetto più rilevato, ovvero scomparendo davanti al medesimo, ricompariscono poi dall' altra parte, per continuare la loro strada. In molti di questi casi si tratterà probabilmente di mere spaccature. Si contano ora più di mille rigole, la visibilità delle quali cresce naturalmente col crescente potere ottico dei nostri grandi telescopi.

Art. VII. — Selenologia e Selenogonia.

232. — Dalle cose fin qui esposte si vede che la struttura esterna del nostro satellite è assai diversa da quella della Terra. Non solamente la mancanza di acqua e di aria costituisce un fattore importante in questa diversità, ma le stesse conformazioni rotondeggianti, la distribuzione dei mari e continenti, la durata del giorno e della notte, la poca inclinazione dell'equatore relativamente al piano dell'orbita ed altri

(1) Schröter è stato il primo a dirigere l'attenzione degli astronomi sopra questi oggetti delicati e difficilmente osservabili; egli li chiamò col nome tedesco *Rillen* (*scanalature*), al quale corrisponde l' italiano *rigole*.

Digitized by Google

simili divergenze sembrano a prima vista accennare a forze selenologiche assai diverse dalle forze geologiche; ma non è così.

Lasciando per ora da parte e riservando per un luogo più opportuno il parlare dei primordii della materia cosmica, destinata a formare la Luna, separata dal sistema planetario in generale e dalla Terra in particolare, noi cominceremo le nostre considerazioni colla supposizione d'un **globo rotante primitivo**, il quale passa dallo stato di incandescenza a quello d'una superficie solida. La massa, il volume e la durata della rivoluzione di questo globo sia poco differente da quelli che sono al presente. Dovremo però supporre insieme coll'abbondanza di materia liquida (acqua, ecc.) un'atmosfera assai estesa e satura di vapori d'ogni specie. In tutto ciò tutto si rassomiglia al globo primitivo terraqueo descritto di sopra (n. 99).

233. — Essendo la Luna molto più piccola[1] della Terra, avendo inoltre una massa ben 80 volte minore della massa terrestre, era cosa naturale che **il raffreddamento** della superficie esterna, e conseguentemente anche la contrazione del volume, progredissero più rapidamente che non sul nostro globo. A ciò si aggiunga che la forza della gravità alla superficie lunare, essendo circa 6 volte minore di quella sperimentata alla superficie della Terra, rese meno pesante la corteccia già formata, cosicchè col ritirarsi del nucleo incandescente, e colla reazione dei gas rinchiusi, grandi volte a foggia di **bolle gigantesche** cominciarono a formarsi, coprendo in gran numero tutta la superficie del globo solidificato. Isolate dal magma sottostante (n. 111), queste volte non poterono consolidarsi coll'assimilazione di nuova materia; ma invece al disotto dovette formarsi una crosta secondaria, più tenera della prima, quasi perfettamente livellata, la quale servì allo

(1) Vedremo nel capitolo seguente, come si determina la massa del Sole relativamente a quella della Terra (n. 172). Conosciuta questa, l'effetto delle maree fornisce il mezzo di determinare la proporzione tra la massa del Sole e quella della Luna, e conseguentemente anche tra la massa terrestre e lunare. Secondo Harkness si trova $m \odot : m ☾ = 81{,}068 \pm 0{,}238$. Siccome poi la Luna ha un diametro 0,273 volte della Terra, segue che la gravità alla superficie lunare è circa 6 volte minore di quella alla superficie terrestre.

Digitized by Google

stesso tempo a consolidare nel circuito le fondamenta della volta sovrastante. Il progresso irresistibile della contrazione generale del globo esercitò una pressione laterale enorme sulla cosifatta rete anulare; questa si spezzò in vari punti, i gas imprigionati, uscendo fuori con grande impeto, conquassarono le volte, le quali, perdendo l'appoggio interno, crollarono con grande violenza sotto il proprio peso, precipitando i frantumi nella crosta tenera secondaria sottostante. Questa era troppo debole, a resistere all'impeto di quei massi cadenti, i quali perciò scomparirono o del tutto o in gran parte in essa.

234. — Con ciò crediamo d'aver data una spiegazione del tutto naturale dei **Circhi lunari**, della loro frequenza, gran-

Fig. 79. Sezione ideale del circo Copernico (secondo Secchi).

dezza, figura, conformazione, ecc.[1] Come illustrazione del processo accennato può servire il Circo più bello e grandioso, chiamato **Copernico**, di cui la figura 79 dà una sezione verticale secondo gli studi speciali intorno al medesimo fatti dal P. Secchi.[2]

Le pendenze laterali dell'argine esistente si levano pian piano sopra il livello circostante dell'*oceanus procellarum*, fino ai punti A e B, i quali distano 60 km. circa l'uno dall'altro. La linea punteggiata indica l'arco della volta primitiva, il materiale del quale vedesi mezzo immerso sulla piazza interna, che col suo livello giace più di 2 km. al disotto delle regioni circonvicine fuori dell'argine principale. La sola estensione di

(1) «I crateri lunari somigliano a grandi bolle scoppiate o cupole sfondate», disse il P. Secchi fin dal 1862 in un discorso letto all'Accademia Pont. Tiberina (31 marzo). Cfr. Braun S. I. *Kosmogonie*, Münster, 1889, 110, 314.

(2) *Quadro fisico* 31; si noti però, che, per maggiore chiarezza della figura, le dimensioni nel senso verticale sono il doppio di quello che sono in realtà. Interessanti sperimenti di riprodurre sperimentalmente simili circhi trovansi descritti nelle *Astr. Nachr.* 2919, 2948.

Digitized by Google

questa fa già vedere che non può trattarsi di una bocca vulcanica nel senso ordinario della parola; neppure i depositi laterali corrisponderebbero ad un'eruzione così spaventosa. (1)

235. — **Vulcani** propriamente detti furono poi una conseguenza necessaria di questi primi cataclismi più grandiosi. Specialmente le linee esterne di spezzatura offrivano punti favorevoli a queste eruzioni, alimentate dalla rinnovata pressione della corteccia frantumata, dei liquidi assorbiti che venendo in contatto col magma rovente interno, diedero occasione a simili esplosioni. Formate poi una volta le bocche vulcaniche, queste, come nel caso della Terra, agirono per periodi assai lunghi come valvole di sicurezza (n. 124), ad impedire nuovi crolli della corteccia.

Infatti troviamo nei dintorni dello stesso *Copernico* innumerevoli **crateri**, i quali inoltre forniscono la chiave per spiegare quegli strani sistemi di raggiere brillanti, menzionati di sopra (n. 224). Questi *raggi* non hanno una disposizione centrale, come emananti dal centro dei circhi rispettivi (*Copernico, Tycho, Keplero*, ecc.), ma piuttosto tangenziale all'argine; cioè esse non sono i depositi di materia eruttata dalla parte interna del circo stesso, ma di altrettanti crateri laterali minori, appena visibili, le ceneri dei quali dai venti spiranti furono trasportate in varie direzioni ed a distanza grande; anzi non poche volte sulla strada stessa di uno si trovano altri crateri simili, i quali nel periodo della loro attività formarono, coi loro depositi più leggieri, l'apparente continuazione dei raggi più antichi. (2) La stessa eruzione co'suoi vapori sprigionati dovette cagionare quei venti costanti, poco modificati dalla rotazione e traslazione della Luna, i quali trasportarono le ceneri nella direzione dei circoli massimi, diramanti dal centro principale della loro azione. Il fatto curioso, che si vedono meglio queste linee luminose verso il tempo del plenilunio,

(1) Altri circhi hanno diametri ancora maggiori. *Schickard* per es. (vicino al lembo sud-est) di 150 km., *Clavius* di 230 km.

(2) Così, per es., il raggio lunghissimo, che dal *Tycho* si estende circa 3200 km. attraverso il *mare serenitatis*, riceve un suo ultimo continuatore presso *Menelaus*, al sud del detto *mare*. Vi sono più di 100 sistemi di raggiere minori, registrati dallo Schmidt, l. c. 104-109.

Digitized by Google

ossia quando il Sole sta più o meno allo zenit delle medesime, potrà spiegarsi col Pickering, supponendo che le particelle riflettenti (d'una polvere di pomice bianca) stanno mezzo sepolte in uno strato di sabbie più oscure, che le mettono in ombra, quando il Sole trovasi presso l'orizzonte di quelle regioni.(1)

236. — Talvolta il cratere principale d'un gruppo vulcanico per circostanze particolari formossi nello stesso centro del circo. Così, per es., nel caso di *Keplerus*, di cui la figura 80, dà una sezione schematica verticale, un cono vulcanico si alza in mezzo alla depressione centrale; si noti, poi, che questo circo trovasi circondato da grandi pianure di costruzione omogenea, il punto più debole della quale più facilmente poteva formarsi nello stesso centro della volta crollata. Il cratere poi, circondato da elevazioni più alte, gettò le sue ceneri sulle falde delle medesime, e così si spiega anche lo splendore straordinario di questa bella formazione. Lo stesso dicasi dei crateri vicini (situati nello stesso Quadrante NE) *Aristarchus, Timocharis, Reinhold.* Specialmente il vicino *Aristarco* risplende talmente, che ci vuole un vetro offuscante per osservarlo accuratamente con un grande telescopio. Anche *Manilio, Menelao, Eratosthene, Piccolomini, Teofilo, Tycho* e molti altri circhi mostrano simili configurazioni, le quali si rassomigliano piut-

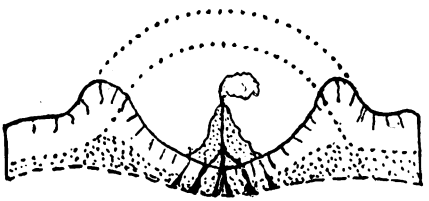


Fig. 80. Il cratere Keplerus.

(1) Altri vorrebbero riconoscere in quei raggi immense crepature della corteccia lunare, quali si producono per es. in un globo di vetro pieno d'acqua, esposto ad una temperatura sotto zero. Lo splendore sarebbe allora cagionato dalla materia eterogenea (più riflettente) spremuta dall'interno, lungo i medesimi crepacci. Contro questa teoria antiquata parla la direzione rettilinea continuata, la lunghezza sterminata, ed altre ragioni facilmente immaginabili; nell'esempio accennato poi trattasi di una pressione dall'interno verso l'esterno e non viceversa, come dovrebbe supporsi sulla Luna. Non è però improbabile che molte delle *rigole* siano dovute ad un simile processo. Quando cioè l'acqua lunare, ritiratasi sotto il suolo per la crescente diminuzione di temperatura, cominciò veramente a congelarsi.

Digitized by Google

tosto ai nostri Geysir (vulcani acquosi e fangosi, n. 127) che ai vulcani propriamente detti; e non è cosa improbabile che l'origine degli uni e degli altri sia simile. Perchè le rispettive formazioni lunari superino non poco in grandezza quelle della Terra, viene spiegato dalla gravità molto minore alla superficie lunare. La figura 81, rappresentante le formazioni vulcaniche di Haleakala (is. Sandwich), dimostra che non mancano del tutto sulla Terra vulcani simili a quelli lunari.

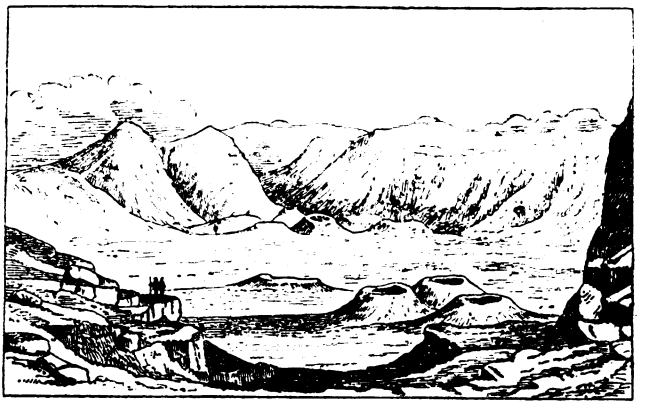


Fig. 81. Formazioni vulcaniche terrestri, simili a quelle della Luna.

237. — **I mari della Luna** senza dubbio una volta erano bacini pieni di materia liquida, la quale però in parte evaporando ed in parte ritirandosi nei cavi sotterranei, cagionati dalla contrazione e dalle spaccature della corteccia solida, ora sembra scomparsa completamente. Le rigole (n. 228) sono l'unico testimonio del trasporto di maggiori quantità; i fondi marini denudati, con sedimenti quasi perfettemente livellati, provano però l'esistenza preistorica di oceani considerevoli. Se ora vi fosse ancora acqua sulla Luna, questa evaporando dovrebbe creare un'**atmosfera** percettibile, con formazione di nubi; precipitando a foggia di neve, dovrebbe cagionare delle calotte bianche polari, quali si osservano sugli altri pianeti.(1) L'atmosfera dovrebbe manifestarsi nella oc-

(1) Che simili calotte non siano rimaste dai tempi preistorici, quando la Luna aveva le sue acque e la sua atmosfera, si spiegherebbe con ciò,

Digitized by Google

cultazione delle stelle fisse (dietro il disco apparente della Luna), alterando per la rifrazione dei raggi luminosi della stella il tempo della immersione ed emersione (I, n. 539), ed inoltre estinguendo gradatamente la luce della stella, o mostrando nello spettroscopio le linee di assorbimento (n. 46). Ora di ciò nulla si osserva.

Lo scomparire dell'atmosfera fino a questo grado dalla superficie del nostro satellite, insieme alle acque, in gran parte fu l'effetto del raggio di curvatura della corteccia lunare (molto più piccolo di quella della Terra), della minore forza di gravità e del raffreddamento più rapido della superficie. In conseguenza di questi fattori la corteccia acquistò presto una consistenza sufficiente a sostenersi da sè, staccandosi in varie parti dal nucleo semiliquido. Tali cavi, rimanendo in comunicazione coll'esterno per mezzo di spaccature o semplici pori, succhiavano avidamente tutto quello che trovavasi di liquido o gassoso sulla superficie.

238. — Considerazioni cosmogoniche più generali (da farsi più sotto) rendono probabile, che la rotazione della Luna in tempi antichissimi sia stata più breve, cosicchè anche la parte ora invisibile, sia stata di tempo in tempo rivolta verso la Terra. Il **flusso e riflusso** delle acque per la maggiore attrazione terrestre dovette prodursi anch'esso sopra scala (60 volte) maggiore, che non sulla Terra, di modo che l'alta marea (I, n. 383), condotta lentissimamente intorno alla Luna, servì allo stesso tempo ad una distribuzione più omogenea delle acque ed alla dissipazione delle medesime. L'attrito della medesima marea conferì pure al rallentamento della stessa rotazione, la quale finalmente si ridusse ad un'oscillazione pendulare intorno al raggio vettore dell'orbita, per finire poi di arrestarsi del tutto relativamente al medesimo raggio, ossia alla direzione della Terra (n. 192).[1]

che questi agenti necessari fossero già scomparsi prima che la temperatura lunare scendesse sotto zero. Con ciò anche l'esistenza di ghiaccio alla superficie, messa già in dubbio dalle osservazioni dirette, diventa assai improbabile.

(1) Hansen deduce da considerazioni teoriche dei moti lunari, che il centro di gravità della Luna trovasi circa 59 km. più distante dal centro della Terra, che non il centro di figura, cosicchè il globo stesso lunare

Digitized by Google

Che simili trasporti violenti di acque dovessero formare dei burroni, rovesciare l'andamento dei fiumi, e così occasionalmente dare il loro contributo alla formazione delle r i g o l e, specialmente nella vicinanza dei mari, sembrerà una cosa del tutto naturale.

239. — Prima di chiudere quest'articolo, dobbiamo ancora fare menzione di un agente estraneo alla Luna, il quale ha lasciato le sue impronte sulla faccia della medesima, cioè la **caduta di meteore**. Oltre i grandi Circhi lunari ed i crateri vulcanici, si osserva, specialmente nelle regioni polari (australi), un numero stragrande di f o r i r o t o n d i, i quali a prima vista sembrano il risultato di un bombardamento da parte di proiettili violenti, lanciati in tempi preistorici dagli spazi celesti sulla superficie lunare. Che tali pioggie meteoriche (I, n. 601), ancora oggidì abbastanza frequenti, dovessero essere cosa quasi giornaliera nei tempi, quando le masse sparse nello spazio interplanetario andavano raccogliendosi in nuclei centrali, nessuno dubiterà. La giovane Luna, girando intorno alla Terra, fece per così dire l'ufficio di cacciatrice di tutti i corpuscoli, moventisi come essa, in vicinanza del nostro globo. La sua mobilità spiega la maggiore frequenza dei proiettili incontrati, i quali, sebbene cadessero in gran numero anche sulla Terra stessa, non poterono lasciare sopra la superficie di questa, ancora meno indurita, tracce così permanenti. Inoltre l'atmosfera terrestre, più densa di quella lunare, formava una corazza di difesa intorno a questa (I, n. 613), mentre la crosta lunare era in gran parte, se non del tutto, sprovvista di tale protezione. Così si spiegano non soltanto l'accumulazione di dette perforazioni in regioni speciali, ma pure la distribuzione

co' suoi strati livellati sia più elevato verso noi. Dalla qual cosa gli amatori della vita sulla Luna deducono, che sebbene l'aria e l'acqua sembrino scomparse dalla superficie visibile, queste sostanze potrebbero ciononostante esistere in quantità sufficiente sulla parte avversa; poichè sulla parte voltata verso di noi l'aria si troverebbe allora presso a poco nelle condizioni dell'aria tenuissima che spira sulle cime delle nostre montagne più alte. È però difficilmente comprensibile, come uno stato simile di cose non dovesse manifestarsi nei fenomeni ottici già accennati, che si osservano sul lembo; donde non senza ragione il Mädler chiama quest'ipotesi semplicemente chimerica o priva di fondamento (*bodenlos*).

Digitized by Google

irregolare e sporadica delle medesime nelle pianure, nei mari, in mezzo ai circhi, sulle falde delle elevazioni primitive, ecc.[1]

240. — La successione dei **periodi selenogonici**, finora descritti, non si potrà mai fissare con quella precisione, colla quale vediamo fissati i periodi geologici (n. 108 segg.). Prendendo però le mosse dallo stato di fluidità completa del globo lunare già formato, dovremo assegnare come *primo periodo*: quello delle scorie galleggianti e del loro congiungimento in una crosta sottile primitiva. — Dopo ciò segue il *secondo periodo*, ossia l'epoca degli sconvolgimenti superficiali della giovane corteccia in conseguenza della contrazione del globo a cagione del raffreddamento; la separazione più stabile di mari e continenti. — Continuando la detta contrazione segue il *terzo periodo*, segnalato dalla formazione dei grandi circhi e delle catene montagnose, accompagnato dall'abbassamento dei fondi marini. — Come *quarto periodo* sarà da considerarsi quello dell'azione vulcanica, il quale fu seguito dal *quinto ed ultimo periodo*, quello cioè della completa scorparsa dei liquidi superficiali, la quale segnala sul nostro satellite un periodo indefinito di immutabilità quasi perfetta.

Art. VIII. — Questione dell'abitabilità della Luna. Cambiamenti superficiali attuali.

241. — Dopo le cose discusse negli articoli precedenti, la questione dell'**abitabilità** della Luna può essere spedita con poche parole, purchè venga ristretta ad abitatori simili a quelli della Terra. La mancanza di aria e di acqua e le condizioni climatiche della Luna, tanto diverse dalle nostre, rendono ivi impossibile la vita umana, quantunque adattabile

(1) Se alcuni autori credono di potere con questa teoria meteorica spiegare tutte le formazioni dei circhi lunari, anzi se qualcheduno ascrive lo stesso *mare crisium* (n. 204) alla caduta d'un uranolito, simile ai pianetini che circolano tra Marte e Giove, noi non li seguiremo in ipotesi così ardite. D'altronde non si può negare che la polvere meteorica, accumulandosi da secoli sul nostro satellite (come sulla Terra), potrebbe servire a spiegare certi cambiamenti appena sensibili nei moti lunari (I, n. 502).

Digitized by Google

ai vari climi del nostro globo terraqueo. Se vogliamo però andare un po' più oltre e domandare, se ivi vi siano esseri ragionevoli, composti come l'uomo di corpo ed anima, l'organismo dei quali non abbia bisogno di questi due fattori, la risposta, in quanto si fonda sull'astronomia di osservazione e non su mere congetture, dovrà similmente essere piuttosto *negativa*; imperocchè, se vi fossero tali esseri nella Luna, essi senza dubbio avrebbero conferito colla loro industria alla trasformazione parziale della superficie, come l'uomo sulla Terra è diventato un fattore efficace nei cambiamenti, benchè accidentali e minuti della superficie terrestre. Siccome un osservatore collocato sulla Luna, e munito dei nostri telescopi (I, n. 183), scoprirebbe presto le nostre grandi città, col loro collocamento regolare: i nostri campi, di contorni talvolta matematici, coperti ora di verdura (nella primavera), ora di vegetazione (nell'estate), ora di neve (nell'inverno),[1] così noi dovremmo essere spettatori di cose simili nella Luna, la quale invece si rassomiglia piuttosto ad un grande cimitero, dove ogni vita (se vi era una volta) oramai è spenta; dove neppure una lapide attesta la mano d'un artefice, dove tutto è come stereotipato; sicchè il nostro satellite sembra rappresentare un vero caso di *cosmotania* (θάνατος = *morte*).

242. — Anzi la stessa vita organica inferiore delle piante pare impossibile sulla Luna, non solamente per la detta mancanza di acqua ed aria, ma più ancora per la **bassa temperatura**, che regna alla superficie del nostro satellite. Le lunghe notti lunari, che durano ben 14 dei nostri giorni, potrebbero fare scendere la temperatura fino a 200° sotto zero. È vero che i giorni lunari durano poi altrettanto, ma la mancanza di atmosfera impedisce l'accumularsi del calore solare, il quale senza effetto durevole viene riflesso da

(1) Se vi fossero sulla Luna veramente esseri ragionevoli, come noi, una comunicazione telegrafica con essi non sarebbe difficile. Per un primo saggio di tale telegrafia ottica, fu già chi propose di costruire in una grande pianura terrestre, sia per mezzo di canali, sia per mezzo di vegetazione colorita la nota figura geometrica del *Teorema di Pitagora*, secondo il quale il quadrato dell'ipotenusa è uguale alla somma dei quadrati dei due cateti. I Seleniti, vedendo questa figura regolare, capirebbero subito trattarsi di un'opera d'intelligenza, e non tarderebbero di dare una risposta con figura analoga.

Digitized by Google

quelle rocce verso gli spazi interplanetari, cosicchè tutta la superficie illuminata si trova in condizioni peggiori dei nostri grandi ghiacciai (n. 119), nei quali certamente nessuna pianta, anche la più modesta, può germogliare. La **mancanza di vegetazione** si palesa anche nella costanza del colorito delle varie regioni lunari, le quali nulla presentano che possa somigliarsi ai cambiamenti superficiali della nostra Terra, dovuti alla variazione delle stagioni. Non si vede ivi altro che rocce bianche simili alla nostra creta, pianure d'un colorito più oscuro, che richiamano i colori dei nostri basalti e trachiti. Qualche modificazione dei colori esistenti d'una medesima contrada viene causata dalla varia altezza del Sole sull'orizzonte della medesima (nn. 224, 235); ma ciò si spiega sufficientemente coi varii riflessi sotto varii angoli dei raggi incidenti, senza ammettere cambiamenti reali. Il regolare ritorno dello stesso colorito, colla medesima fase, sembra confermare questa spiegazione.

Considerando però, che alcuni semi resistono veramente ad un freddo eccezionale, per sè non sembra del tutto esclusa la possibilità di qualche vegetazione meschina, come quella dei nostri deserti, con un periodo mensile di vita, e se alcuni autori come il Gruithuisen, Mädler, Klein credono di avere bisogno di questa ipotesi, per spiegare le accennate variazioni di colorito, questo poco si potrà concedere. Aggiungiamo però coll'ultimo, che gli organismi più perfetti restano sempre esclusi da tale ipotesi.[1]

243. — Oltre i cambiamenti cagionati dalla vita organica, vi potrebbero essere nella Luna cambiamenti superficiali dovuti a forze fisiche ancora in azione, e sopra la certezza di tali **cambiamenti accidentali** compiutisi ai tempi nostri, la controversia è stata talvolta assai animata. Va senza contraddi-

(1) KLEIN, *Kosmologische Briefe*. Leipzig, 1891, III Aufl. p. 235. Gli amatori della pluralità dei mondi abitati sono poco contenti di tale risultato; alcuni tra essi, come il Flammarion, chiamano perfino i ragionamenti sovraccennati, ragionamenti da pesci (*raisonnements de poissons*); poichè i pesci, dice egli, trovandosi nelle acque profonde dei nostri oceani, arriverebbero con simili conclusioni al risultato, che sulla terraferma la vita è impossibile. La risposta a tale obbiezione non è difficile, la daremo esplicitamente, dove trattiamo dell'abitabilità dei mondi celesti in generale.

Digitized by Google

zione che, generalmente parlando, la Luna è da considerarsi come un corpo celeste spento, le fattezze esterne del quale sembrano irrigidite e pietrificate; ma, trattandosi di certi **vulcani particolari**, da una parte troviamo astronomi come Herschel, Hevel, Schröter, i quali credettero di avere osservato certi cambiamenti di aspetto, mentre altri non meno competenti come il Lohrmann, Beer, Mädler attestano non aver mai notato vere mutazioni della superficie lunare.

244. — L'esempio più noto di probabile attività offre il (piccolo) **cratere Linneo**, situato sui confini NE del *mare serenitatis*. Il primo avviso del cambiamento fu dato dal lodato Schmidt di Atene nell'ottobre 1866; secondo quest'astronomo il detto cratere del diametro di circa 10 km. era scomparso, o meglio si era colmato. Uno dei primi, il quale dietro i desideri espressi dallo stesso scopritore di siffatta novità, volle fare una scrupolosa verifica della notizia, fu l'astronomo romano prof. L. Respighi, del quale si legge ancora oggi con interesse il resoconto, datone nel Bullettino meteorol. dell'osserv. del Collegio Romano (31 maggio 1867). Respighi dopo accurate osservazioni, fatte agli osservatorii del Campidoglio e del Collegio Romano, trovò gli argomenti, proposti dallo Schmidt, insufficienti « essendo i medesimi dedotti o da osservazioni fatte in condizioni sfavorevoli o dal confronto di disegni, ai quali, trattandosi di minuti dettagli, non può prestarsi intera fiducia ». L'argomento più forte dello Schmidt era, che questo cratere per la sua visibilità era stato scelto dal Mädler come un punto principale della rete trigonometrica lunare, mentre ora era un oggetto piuttosto oscuro, i contorni del quale sembravano ben diversi da quelli delineati dal Mädler. Questa scelta, risponde Respighi, « non prova che il *Linné* (che ricevette il suo nome dallo stesso Mädler) dovesse essere un bel cratere facilmente visibile, ma semplicemente un oggetto ben marcato e distinto; e come tale il Linneo, anche quale ora si presenta, non lascia nulla a desiderare ».[1]

(1) Il P. Secchi, desideroso di vedere la questione elucidata, scrisse una lettera al vecchio Mädler, domandando schiarimenti sui punti controversi. Il Mädler, la di cui risposta si legge nel Bullettino citato (31 marzo 1868), replica che egli stesso, osservando spessissime volte il *Linné*, non ha mai osservato mutazioni di sorta; che ora però (impedito

Digitized by Google

245. — Tutto l'equivoco, continua il Respighi in una seguente lettera (pubbl. loc. cit. 31 maggio 1868), dipende da questo, che mentre nella mappa del Mädler si è dato alla macchia bianca, ossia a tutta la configurazione del *Linneo*, la misura esatta del diametro misurato, si è poi esagerata nel disegno la larghezza del foro o della bocca del cratere in modo da estenderla a quasi tutta la montagna o a tutta la macchia; mentre in realtà non ne occupava che un terzo circa. Osservazioni fatte dal Tacchini in Palermo (Bull. cit. 1868, p. 67 e 74) provano, che i *pretesi cangiamenti* sembrano dovuti all'illuminazione modificata del cratere, che ha una forma singolare d'imbuto a sezione di gola. L'argine di questo imbuto occupa circa $\frac{1}{3}$ del diametro del pendìo esterno, mentre il foro centrale è piccolo assai.

Sarebbe cosa troppo lunga fare qui un riassunto di tutto ciò che dipoi è stato detto e scritto intorno alle pretese mutazioni del *Linné*. Basta su ciò dare uno sguardo alle opere citate dal Houzeau nella sua bibliografia generale di astronomia, dove enumera un centinaio di articoli e monografie pubblicati sopra questa materia.[1] L'astronomo che forse più di ogni altro si dichiarò per la realtà dei cambiamenti fu il Klein di Colonia, il quale appoggiandosi su osservazioni fatte (con uno strumento di moderate dimensioni) nell'aprile 1877, credette aver constatato di nuovo la grande differenza tra il disegno del Mädler e l'aspetto di allora.[2] Nessuno però dei contendenti, come sembra, ha potuto provare nuovi cambiamenti in tutti quegli anni di sterile controversia.

246. — Simili controversie furono agitate intorno ad altri

dall'indebolimento degli occhi di fare nuove osservazioni) da ciò che gli scrivono i signori Schmidt, Birt ed altri, crede di dover ammettere recenti cambiamenti reali: *Je ne peux pas douter qu'il y a un changement réel depuis peu de temps.*

(1) HOUZEAU et LANCASTER, *Bibliographie général de l'Astronomie*, t. II, col. 1283-85. Cfr. col. 1238. Bruxelles, 1882.

(2) In un recente libro di Astronomia: *Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung* (III. ed. Braunschweig 1901) il Klein, p. 122, annunzia enfaticamente il caso del Linné come un esempio di *mutazione certa* (*ein sicher konstatiertes Beispiel*) d'un cambiamento fisso sulla Luna. Noi veramente non partecipiamo a questa certezza; del resto preferiamo di lasciare la cosa *sub iudice*.

Digitized by Google

crateri lunari, segnalatamente presso le formazioni *Gassendi, Plato, Messier, Billy, Antolycus, Stadius, Hyginus, Mestlinus, Moretus, Melloni, Plinius, Albategnius*, ecc. Chi studia più particolarmente, ma senza preconcetti, queste discussioni,[1] vede facilmente trattarsi di casi difficili, nei quali sembra impossibile venire ad una conclusione certa, la quale si rassomigli un poco alla certezza di analoghe eruzioni vulcaniche recenti nel nostro globo terrestre.

Un criterio nuovo per arrivare a tale certezza sembrava d'aspettarsi dalla fotografia, e difatti occasionalmente sentiamo parlare della **scoperta fotografica** di una nuova formazione lunare. Così per es. il prof. Weinek, scoprì nel 1892 sopra una lastra fotografica dell'osservatorio Lick (del 27 agosto 1888) nel *mare nubium* un piccolo cratere molto distinto, il quale non si trova nella carta di Schmidt, benchè crateri vicini, anche più piccoli, erano fedelmente registrati. Da ciò sembrava legittima la conclusione, che questo cratere era dovuto ad eruzioni recenti. Considerando però la grande difficoltà di vedere l'accennato oggetto direttamente nel cannocchiale, suggerisce un'altra spiegazione più probabile, cioè che i raggi luminosi, riflessi da quella formazione, siano chimicamente (n. 14) più efficaci di quelli dei crateri minori vicini.[2]

247. — Ricordando quello che è stato detto di sopra (n. 29) intorno al limite dei dettagli fotografici nelle carte lunari ingrandite, ed intorno alla diversità degli effetti ottici e chimici delle medesime contrade lunari in tempi diversi, il lettore capirà facilmente, quanto sia facile l'illusione ottica in simili circostanze e quante siano le difficoltà quasi insuperabili, di arrivare a qualche risultato definitivo in queste materie. Ciò però non deve scoraggire quegli che si sono dedicati all'ardua impresa. A noi pare che un'**eruzione vulcanica** attuale nella

(1) Cfr. *Astron. Nachrichten* 2927, 2940, 2942, 3090, 3097, 3100, 3166, 3172, 3236 ecc. Ultimamente fu segnalato un cambiamento nell'interno di *Plato*, nei mesi di luglio ed agosto 1904. L. c. 3966. Cfr. Carrara, *Selenografia*, p. 126 sgg.

(2) *Astr. Nachr.* 3130. Del resto, come osserva giustamente il signor Fauth (ib. 3100), non è raro il caso che un minuto esame di qualche regione lunare fa scoprire degli oggetti, registrati finora da nessuno, per la semplice ragione che la detta regione fu esaminata da altri in circostanze diverse, quando quegli oggetti sfuggivano alla vista dell'osservatore.

Digitized by Google

Luna dovrebbe prima di tutto manifestarsi per una nube di vapori non piccola, la quale, sebbene per breve tempo, dovrebbe velare i contorni del vulcano stesso; questi contorni dovrebbero dopo l'eruzione mostrare lineamenti e coloriti ben diversi da quelli veduti prima. Ora di tutto ciò non abbiamo quasi niente di certo nei pretesi cambiamenti accennati – rimane quindi, secondo noi, ancora aperta la questione tanto dibattuta intorno alle mutazioni attuali sulla Luna. Anzi, secondo il Faye,[1] vulcani attivi sarebbero oramai impossibili nella Luna, non essendovi nè gas, nè aria, nè acqua, nè liquido, nè vapore di sorta! Ad ogni modo l'attività presente delle forze selenogoniche, tanto evidente nei tempi preistorici, si riduce ad un minimo molto microscopico, appena percettibile.

Art. IX. — Influssi lunari sopra la terra.

248. — La credenza in un influsso della Luna sulle condizioni non solamente meteorologiche e climatologiche della Terra in genere, ma eziandio sulle fisiologiche e psicologiche de' suoi abitanti e degli esseri organici che trovansi sopra di essa, da secoli si è radicata così fermamente nelle tradizioni volgari delle varie nazioni, che uno potrebbe sentirsi inclinato di trarre da questo fatto solo un argomento per la reale esistenza di tali influssi. Sono noti i passi relativi nelle opere di Esiodo, Virgilio, Plinio ed altri circa la seminagione e la piantagione, benchè spesse volte contraddittori.[2] Sono infiniti gli aforismi degli agricoltori, che si riferiscono all'**osservanza delle varie fasi lunari** relativamente al seminare, piantare, mietere, fermentare, concimare, innestare, ecc. ecc.

Perfino le leggi forestali di vari paesi vietarono di atterrare gli alberi prima che la Luna non sia entrata nel suo periodo decrescente. Fino ad oggi in certe infermerie, in certe botteghe di barbieri, negli asili dei cosidetti lunatici si tiene conto delle fasi lunari. Sopratutto però si è stabilita la credenza pertinace, che le mutazioni del tempo dipendono in

(1) *Annuaire pour 1881* (Bureau des Longitudes), 712.
(2) Cfr. sopra n. 194, nota.

Digitized by Google

primo luogo dalle fasi lunari.[1] Insomma si addossarono alla povera Luna una quantità delle più singolari responsabilità, facendola autrice di una folla di beni e dispensatrice di una moltitudine di mali, dei quali, come osserva giustamente il Boccardo,[2] il tranquillo astro d'argento è, giusta ogni probabilità, affatto innocente.

249. — Che cosa dice la scienza esatta moderna di tutti codesti influssi? Hanno essi qualche fondamento nelle osservazioni astronomiche e meteorologiche, ovvero dobbiamo considerarli semplicemente come favolosi? L'unica **confutazione** efficace di simili asserzioni può essere fatta per mezzo della esperienza, ossia per mezzo di una rigorosa statistica, la quale registrando i fatti osservati senza preconcetti, li sottometta poi ad una discussione veramente scientifica. Ora molti astronomi hanno fatto questo lavoro, e il risultato, per quanto sappiamo, è sempre stato sfavorevole alle accennate credenze. Le mutazioni lunari, dice il Young, sono così frequenti che è sempre facile trovare coincidenze per giustificare le preesistenti credenze, ma le osservazioni serie, ripetute con vero metodo scientifico, ne escludono il nesso causale.[3] Il preteso

(1) A ciò si riferisce per. es., l'aforismo: *Quarta quintae qualis, tota luna talis*; cioè, il tempo che prevale all'ora quarta del quinto giorno, ossia all'ora centesima dopo il novilunio, si mantiene generalmente per tutto il mese. Altri dicono: *Quarta, quinta, qualis*, ecc. cioè lo stato dell'atmosfera che ha luogo nel quarto o quinto giorno della Luna permette un prognostico per tutta l'intera lunazione. *Luna settembrina sette mesi si strascina*, dice un altro proverbio; cioè, il tempo del novilunio del settembre si mantiene (generalmente parlando) per sette mesi. *La Lune mange les nuages*, dicono i campagnuoli francesi; ciò vuol dire, che le nubi irraggiate dalla luce lunare tendono a dissiparsi. La *Luna rossa* (*Lune rousse*) cioè quella che comincia in aprile, col plenilunio, verso il principio di maggio, viene accusata dai giardinieri parigini del repentino congelamento delle piante. Il nome *rossa* sembra riferirsi al colore liturgico di Pentecoste, essendo la Luna in questione la prima dopo la *Luna pasquale* (bianca).

(2) *Fisica del globo*. Genova, 1868, pag. 309. «Un vero Re de' topi (ein wahrer Rattenkönig) di osservanze superstiziose si è formato circa la Luna», dice il Plassmann: *Himmelskunde*. Freiburg, 1898, pag. 121.

(3) *General Astronomy*, p. 163. Infatti ultimamente un certo autore, volendo giustificare i pretesi influssi lunari, distinse tre specie di cambiamenti, cioè quello delle fasi, delle posizioni e delle distanze, dei quali generalmente accadono dieci ogni mese, ossia 120 all'anno;

Digitized by Google

influsso della Luna sul tempo, dice il prof. Förster, deve oramai considerarsi non più come una questione di controversia, ma come una cosa positivamente e del tutto dubbia. E in conferma della sua asserzione fa sapere, che all'osservatorio di Greenwich, il quale si occupa principalmente di osservazioni lunari, confrontando le mutazioni del tempo con quelle delle fasi e posizioni lunari, e ciò per molti anni, si trovò come risultato, che non vi apparisce nesso veruno causale tra l'uno e l'altro; « cosicchè le cosidette *esperienze contrarie* di taluni devono considerarsi di poco momento ».(1) Anche il nostro celebre Schiaparelli fin dal 1866 volle esaminare, quanto ci sia di vero nella tanto decantata influenza della Luna sui fenomeni meteorologici. Ecco la sua conclusione: « Non si conferma la verità di nessuno dei cicli lunari, proposti per la predizione del tempo; nè l'opinione popolare, secondo cui i quarti della Luna sarebbero il segnale dei principali cambiamenti del tempo; questi cambiamenti succedono con eguale frequenza in tutti i giorni della lunazione ».(2)

250. — Un influsso lunare accertato è quello delle maree, il quale si riduce però semplicemente al noto fenomeno della gravitazione universale. Si potrà pure concedere che un flusso e riflusso simile debba riprodursi nell'atmosfera terrestre; e che questa **marea atmosferica** contribuisca alle variazioni delle pressioni atmosferiche e quindi alla mutazione del tempo. Si noti però che il barometro indica poco di questa contribuzione ($\frac{1}{18}$ mm.), la quale rimane conseguentemente per noi insensibile e trascurabile. Più controllabile è un certo influsso della Luna sull'elettricità atmosferica. Le **aurore polari** che osservansi nelle alte regioni atmosferiche, dipendono in

altrettanti sono i cambiamenti annui del tempo. Dunque, chi non vede l'elasticità di un tal procedimento, e chi non sa, che ad onta di tanti cambiamenti lunari, passano mesi interi senza veruna mutazione di tempo?

(1) *Sammlung populärer astronomischer Mittheilungen.* Berlin, 1878, 15.

(2) Zanotti Bianco, *La meteorologia moderna e la predizione del tempo* (Loescher, Torino, 1889). Per aggiungere un'altra autorità basta dire, che il P. Denza, noto meteorologista italiano, volle premettere una prefazione di lode e di approvazione alle *Conferenze di meteorologia e di fisica terrestre*, tenute in Venezia nel settembre 1888, delle quali la citata fa parte (pag. 65-90).

Digitized by Google

un certo grado dalla posizione della Luna al di qua o al di là dell'equatore, cosicchè la massima frequenza delle aurore boreali corrisponde alle posizioni più australi della Luna e viceversa. Queste aurore sono dovute a scariche elettriche (n. 148), le quali probabilmente si fanno in due sensi, cioè verso la superficie della Terra e verso le alte regioni atmosferiche, tutte due negativamente elettrizzate. Essendo poi la Luna come la Terra un corpo carico di elettricità (negativa), questa trovandosi verso sud respinge la detta elettricità (positiva) dell'aria verso nord, e rende quindi le scariche ivi più frequenti.(1) Lo stesso potrà dirsi colla dovuta riserva delle scariche elettriche dei grandi temporali, relativamente ai quali le condizioni locali però modificano in maniera tale l'azione lunare, che questa diventa di nuovo insensibile.

Insomma, concedendo pure col Günther,(2) (il quale discute più a lungo i singoli punti da noi accennati), che la Luna merita un posto tra i molti fattori delle variazioni del tempo; ammettendo pure la possibilità di una certa periodicità (simile a quella del *Saros*, I, n. 508) da molti ricercata ed asserita, l'interesse eccitato da queste pretese *leggi e periodi* è piuttosto teoretico che pratico; cioè i cosidetti prognostici del tempo finora non ne derivano che poca, per non dire nessuna, utilità immediata.(3)

251. — In quanto agli **influssi fisiologici** della Luna sui varii organismi della natura, specialmente degli animali e dell'uomo, l'investigazione spetta piuttosto ai medici che agli astronomi. Se il P. Riccioli nel suo *Almagesto* (I, 185) cita ancora la regola antica: *In medicis sine periculo aegrotantium Lunaris motus ac loci ignoratio tolerari nequit*, questa

(1) Due Svedesi Nils Ekholm e Svante Arrhenius hanno ultimamente pubblicato un dotto lavoro su questa materia: *Kongl. Svenska Vetenschaps Akademien Handlingar.* Bandet 31.

(2) *Handbuch der Geophysik.* Stuttgart, 1899, II vol., 170.

(3) Nel periodo accennato i centri dei tre astri (♍, ☽, ♂) trovansi sensibilmente nelle stesse posizioni relative e perciò le eclissi ritornano cogli stessi intervalli successivi. Siccome però la visibilità delle eclissi solari viene modificata dalla rotazione terrestre, così la formazione dei massimi e minimi barometrici nei vari paesi sarà modificata dalla medesima causa, supponendo anche una marea atmosferica luni-solare sufficientemente controllabile.

Digitized by Google

oggi senza dubbio deve essere considerata come antiquata.[1] « Non si devono leggere che con somma diffidenza, osserva giustamente il P. Carrara (l. c. 168), certi autori, del resto commendevoli, che hanno preteso, che le fasi della Luna abbiano un'influenza certa sulle malattie, e specialmente sulle loro crisi. Si tratta qui come del caso di spettri (spiriti), che non si veggono, se non quando si credono. La sola credenza a queste influenze può avere delle gravi conseguenze per il malato che la possiede; poichè allora si esalta la fantasia per la paura e l'aspettazione degli effetti immaginativi, ma nei quali la Luna non ci ha che fare ». Un'autorità competente in questo campo di ricerche era certamente il celebre Olbers († 1480), medico ed astronomo allo stesso tempo, il quale attesta, che nella lunga sua carriera pratica non ha trovato traccia sensibile di questi influssi.

252. — Che **la luce della Luna**, tanto differente circa il tempo del plenilunio e circa quello della Luna-nuova, possa avere un effetto assai sensibile, tanto sulla vegetazione, quanto sull'uomo, ognuno lo vede. Quanti uomini non possono dormire la notte con un lume acceso; l'illuminazione della camera dalla luce della Luna splendente avrà per essi un simile effetto. La luce lunare avrà pure un certo effetto chimico sulla vegetazione.[2] Spesse volte però essa è semplicemente una cosa concomitante, non una causa efficace, in simili fenomeni. Così per es. la pretesa efficacia nociva della *Luna rossa* (n. 242), tanto temuta dai giardinieri parigini, si riduce a questo: l'assenza di nuvole in quelle notti (aprile-maggio, per la quale la splendente Luna si rende più cospicua) è la vera causa del gelarsi delle tenere pianticelle. Il suolo terrestre

(1) Keplero mette tra le « *fundamenta astrologiae certiora* » questa *tesi Pliniana*: « Experientia probatum est, omnia humore constantia crescente Luna turgescere; decrescente subsidere ». Aggiungendo però che la ragione di questo influsso non è ancore bene conosciuta. (*Op. omn.* I, 422).

(2) Il P. Secchi trovò in un registro antico di osservazioni meteorologiche, fatte in Roma sotto la data del 3 febbraio 1783, una nota sulla piantagione di 60 semi di malvoncini in una cassetta ad uguale distanza ed esposte al sole. Di notte una metà di essi fu riparata dall' azione della Luna; il risultato era che dopo dieci giorni quegli esposti liberamente erano nati prima e più belli. Discorso letto nell'Accad. Pont. Tiberina 31 marzo 1862.

Digitized by Google

irradia in tali notti serene molto più del suo calore, verso lo spazio celeste che non nelle notti coperte e nuvolose, e questa perdita di calore fa gelare le piante; la Luna ne è soltanto spettatrice. L'esempio prova inoltre che il proverbio non è trasferibile ad altri climi molto diversi da quello di Parigi. Sono state eseguite esperienze esattissime sul taglio dei legnami secondo le antiche regole volgari, eliminando pure quanto era possibile tutte le cause accidentali. I diversi campioni però di saggio di vite e di salice, tagliati nello stesso ceppo a tutte le varie fasi lunari, sottoposti alle stesse condizioni, esaminati minutamente, non diedero la menoma differenza fra essi per riguardo alla conservazione del tessuto legnoso.(1)

Il **calore lunare**, cioè quella quantità di calorico ricevuto dalla Terra, per il riflesso della Luna, è così impercettibile, che ci vogliono strumenti sensibilissimi (come la pila termo-elettrica o il cosidetto *bolometro*) (2) per rendere visibile il suo influsso nello stesso foco della lente d'un grande telescopio. Si è calcolato che il calore che ci manda la Luna, è tre volte minore del calore di una candela a cinque metri di distanza! Rimane quindi assai dubbioso se un tale calore (come alcuni ammettono) sia capace di dissipare le nuvole alte e leggiere della nostra atmosfera.

253. — L'azione magnetica della Luna, relativamente alla Terra è stata esaminata con grande cura dal generale Sabine. Discutendo le numerose osservazioni magnetiche fatte agli osservatorii magnetici inglesi, in modo da disporle secondo le ore lunari, e sottrattone il periodo solare diurno e le perturbazioni straordinarie, Sabine ne ricavò come risultato un'azione debole sì, ma certa, dipendente dall'angolo orario

(1) Cfr. Carrara (l. cit. 166). Similmente molti altri dei sovracitati proverbi trovano una spiegazione, come mostra più in esteso il lodato autore. Si potrà anche consultare utilmente uno studio di O. Eisenlohr (*Untersuchungen über die Zuverlässigkeit und den Wert der gebräuchlichsten Wetterregeln*. Karlsruhe, 1847), il quale dimostra come tra 93 delle cosidette volgari *regole del tempo*, soltanto 9 siano veramente buone e ragionevoli; 11 meritano un poco di attenzione, 17 sono molto incerte, 44 non hanno nessun valore e 12 sono del tutto irragionevoli.

(2) Il *bolometro* è una specie di termometro elettrico, inventato dal Langley, fondato sulle variazioni della resistenza dei metalli colla temperatura. Esso accusa (secondo l'autore) una variazione di $0^{\circ},00001$.

Digitized by Google

della Luna (I, n. 37). A tutto rigore però, osserva il P. Secchi (l. c.) codesto effetto potrebbe anche essere dovuto all'azione meteorologica della Luna sullo stato dei vapori dell'atmosfera terrestre.

Sfortunatamente finora non abbiamo un mezzo diretto, per accertare quali siano le sostanze che si trovano in maggiore abbondanza sulla Luna. Tutto però tende a far credere che esse non siano molto diverse da quelle della Terra; onde se in questa i **minerali magnetici** sono così abbondanti, colà non devono mancare. Anzi gli aeroliti (come vedremo più sotto) dimostrano, che gli elementi magnetici sono i più diffusi tra i corpi estranei al nostro globo. Di più, siccome la forza magnetica non è una mera conseguenza di minerali ferruginosi, ma piuttosto delle correnti che circolano nei globi planetari, la Luna non ne sarà priva.

254. — Riassumiamo dunque: Quantunque debba riconoscersi un influsso molteplice della Luna sulle varie condizioni terrestri, ciò nonostante (eccettuato il fenomeno delle maree colle sue conseguenze),[1] questo influsso è così insensibile ed incalcolabile che per la vita pratica rimane una quantità del tutto trascurabile. Chi desidera una spiegazione, come tanti proverbi, tante regole intorno all'influsso lunare abbiano potuto trasmettersi per molti secoli e si mantengano ancora, ad onta dei reclami degli scienziati, la trova data da Keplero, uomo assai versato in queste cose: Il fallire (così egli) si dimentica, perchè questo non è niente di straordinario; l'avverarsi si ricorda secondo la costumanza donnesca: così l'astrologo rimane in onore! E difatti quando (per caso) le cose procedono secondo le previsioni, tutti ne parlano, lodando la saviezza del prognostico; quando invece, e ciò più volte, l'evento è diverso dalla previsione, o non se ne parla affatto, o volentieri si scusa cotale mancanza in una materia così complicata; ad ogni modo la disarmonia è presto dimenticata. Keplero stesso ne traeva piuttosto

(1) Ammettendo un simile flusso e riflusso delle acque nell'interno del globo terrestre si capisce come i moti sismici del nostro globo, i cosidetti bradisismi e terremoti (n. 129), potrebbero sottostare a simili leggi; si spiegherebbe il preteso nesso tra l'azione vulcanica della Terra e le fasi lunari!

Digitized by Google

questa conseguenza pratica: « Calendarium cum prognostico scribere paulo admodum honestius est quam mendicare » (Op. omn. VIII, 845).

Art. X. — Fenomeni astrofisici osservati nelle eclissi lunari.

255. — La teoria delle eclissi appartiene all'Astromeccanica (I, n. 504 sgg.). Vi ha però una serie di fenomeni, osservabili durante le eclissi specialmente totali della Luna, che interessano sommamente l'astrofisico. Abbiamo accennato di sopra (I, n. 542), come un' eclisse totale della Luna fornisca un mezzo eccellente, per determinare l'esatta posizione del disco lunare tra le stelle fisse. Aristotele dedusse già dalla rotondità dell'ombra terrestre, proiettata sulla Luna, la rotondità del globo terrestre (I, n. 290). Il progresso generale degli studi astronomici ha pure conferito non poco a diminuire, anzi ad esterminare del tutto quei vani e superstiziosi timori, che una volta solevano accompagnare le eclissi, tanto del Sole, quanto della Luna, e dei quali parlano gli antichi storici.(1)

Una cosa, che colpisce l'attenzione di tutti quelli che osservano un' eclisse totale della Luna, si è che la Luna, benchè sia completamente immersa nell'ombra della Terra, non sparisce dallo sguardo degli spettatori, ma invece risplende ordinariamente di un **colore rossiccio**, il quale talvolta permette di distinguere non soltanto i contorni delle solite macchie oscure, ma perfino delle singole formazioni (specialmente nel telescopio). Questo colore lugubre e sanguigno però non viene osservato in tutte le eclissi; alle volte la Luna, totalmente eclissata, riveste un **colore cinereo o grigio**, il quale la rende somigliante ad un globo di fitta nebbia, debolmente illuminata; anzi vi sono dei casi, nei quali osservatori della stessa eclisse,

(1) *Nemo observat lunam, nisi laborantem. Tunc urbes conclamant, tunc pro se quisque superstitione nova trepidat*, dice Seneca nelle sue *Questioni naturali* (l. 7, c. 1). Qualche vestigio di questa vana superstizione trovasi ancora oggidì nelle regioni poco civilizzate della Terra.

Digitized by Google

che trovansi in paesi diversi abbastanza distanti, vedono la Luna in colori diversi, varianti tra i due accennati.[1]

256. — Rarissimi sono i casi, nei quali la Luna diventa del tutto **invisibile**, e ciò in un cielo sereno. Per qualche tempo si dubitava perfino dell'esattezza delle rispettive narrazioni; ma osservazioni recenti (fatte anche da noi stessi),[2] hanno confermata la cosa. Keplero (*Epitome Astr. Cop.* l. VI, parte V, § 2) riferisce un tal caso del 15 giugno 1620, e ne trae come legittima conseguenza, che la Luna non ha luce propria. Il P. Cysatus S. I. fa menzione di un altro caso, accaduto il 9 dicembre dello stesso anno. La Luna, dice egli, scomparve completamente per circa una mezz'ora, così che era impossibile di trovarla in mezzo alle stelle splendenti.[3] Hevel nella sua *Selenografia* (p. 117) parlando dell'eclisse del 25 aprile 1642, racconta che la sparizione della Luna eclissata fu tale, che era impossibile rinvenirla anche col telescopio. L'astronomo svedese Wargentin in occasione dell'eclisse totale del 18 maggio 1761, notò che appena 10 minuti dopo il principio della fase totale, la Luna scomparve così completamente, che non era possibile di vederne la minima traccia, nè ad occhio nudo, nè per mezzo del telescopio.[4] Anche durante l'eclisse del 10 giugno 1816, in Londra non si vide più niente della Luna, neppure nel telescopio.

257. — Un perfetto contrasto colle osservazioni testè riferite forma la visibilità, ossia la grande **luminosità** della Luna

(1) Così, per es., in occasione dell'eclisse totale del 4 ottobre 1884, da noi osservata all'osservatorio di Stonyhurst (Lancashire, Inghilterra), nella quale la fase massima giunse a 1,533 del diametro lunare, vidi la Luna come un disco tolto dalle parti più splendide della via lattea, senza traccia di color rosso, mentre, secondo la rivista *L'Astronomie* (1884, pag. 401 sg.), si notavano altrove varii altri coloriti, specialmente il colore rossiccio. Una viva descrizione del colorito variabile della Luna eclissata trovasi in un'opera (*Cosmocritices* l. 2, f. 64) di Corn. Gemma: « Anno 1569, Martii die 3, mane hora 3 Phoeben eclipsin horrendam passum diris coloribus insignitam. Primo enim fuscus, deinde sanguineus fulsit, mox et puniceus et virens et lividus, ac tandem incredibili varietate deformis ».

(2) Cfr. due note pubblicate negli *Atti dell'Accademia Pontif. dei Nuovi Lincei*. Roma, anno LIII, 1900.

(3) Cfr. *Kepleri opera omnia*, ed. Frisch, VII, 453.

(4) Cfr. GRANT, *History of physical Astronomy* 413. London, 1852.

Digitized by Google

totalmente eclissata, da noi osservata al nostro osservatorio sul Gianicolo nella notte del 27 al 28 di dicembre 1898. Le condizioni atmosferiche sembravano poco propizie all'osservazione, essendochè dense nuvole coprivano quasi tutta la volta celeste, permettendo soltanto di tempo in tempo l'osservazione dell'astro della notte per qualche intervallo. La Luna dopo l'ingresso nell'ombra (pura) rivestiva come al solito quel color rosso (di rame); anzi mi pareva come un globo di ferro rovente, che raffreddandosi sta per riprendere il suo colore oscuro naturale. Quando l'oscurità era al massimo (1,383 del diametro), uno strato nuvoloso, coerente, copriva il cielo; era impossibile di scorgere le stelle, neppure quelle di prima grandezza attraverso di esso. Ciò nonostante si poteva sempre, senza veruna difficoltà, assegnare la posizione della Luna sulla sfera celeste a cagione del chiarore che si manifestava di tempo in tempo attraverso le nubi meno dense. Da ciò può arguirsi quanta sarebbe stata la luminosità se il cielo fosse stato sereno.

Si capisce così come gli antichi già notassero la presenza simultanea del Sole colla Luna totalmente eclissata sopra l'orizzonte di un luogo;[1] un fenomeno che a prima vista sembra impossibile (dovendo i tre centri ☉ ♁ ☽ trovarsi più o meno sulla medesima linea retta), che ora si spiega però perfettamente come conseguenza della rifrazione astronomica (I, n. 256), la quale fa apparire i due astri più alti di quello che sono in realtà. Una volta abbiamo noi avuto occasione di assistere a tale spettacolo (16 novembre 1891) nelle Indie orientali. Nonostante l'aurora, che spandeva i suoi splendori sull'orizzonte, vidi la Luna scendere verso il medesimo, come un globo oscuro, pallido, appena visibile. Col chiarore del giorno essa diventava sempre più difficilmente reperibile, e benchè scomparisse poi nelle regioni meno pure degli strati bassi dell'atmosfera, poco prima del levar del Sole, nondimeno

(1) «Quaeque sunt maxime mira, cum conveniat umbra Terrae Lunam hebetari, nunc ab occasus parte hoc ei accidere, nunc ab exortus: et quanam ratione, quum Solis exortu umbra illa hebetatrix sub Terra esse debeat, semel iam acciderit, ut in occasu Lunae deficeret, utroque super terram conspicuo sidere». C. Plinii Secundi, *Hist. nat.* l. 2, c. 9.

Digitized by Google

si poteva sufficientemente constatare la sua presenza al di sopra dell'orizzonte insieme coll'astro del giorno.

258. — La spiegazione dei varii coloriti e della luminosità, tanto variabile, deve senza dubbio ricercarsi in primo luogo nelle varie condizioni dell'atmosfera terrestre, la quale rifrange i raggi solari che l'attraversano, verso l'asse del cono ombroso. Questa rifrazione, a cagione dell'aria più o meno agitata, più o meno densa, specialmente negli strati inferiori dell'atmosfera terrestre, è assai irregolare. Le nubi, i vapori e la polvere, che trovansi nei varii strati, modificano non solamente l'intensità della luce rifratta, ma anche il colore.

Se guardiamo il Sole attraverso un vetro affumicato, esso apparisce di colore rossiccio; per simile ragione il Sole presso l'orizzonte, dove i suoi raggi devono attraversare per lunghi tratti gli strati bassi e polverosi dell'atmosfera terrestre, può essere guardato impunemente ad occhio nudo, venendo la sua luce, eccettuata quella rossa, in gran parte assorbita. Per la stessa ragione quei raggi solari, che vengono riverberati dalla Luna eclissata, dovendo attraversare ben tre volte la medesima via,[1] prima di arrivare al nostro occhio, si mostreranno necessariamente in un colorito più o meno rosso, e ciò nelle condizioni ordinarie dell'atmosfera. Se questa è straordinariamente carica di sostanze assorbenti (p. es. dopo grandi eruzioni vulcaniche) i raggi solari saranno assorbiti quasi del tutto: la Luna diventa invisibile. Lo stato atmosferico del luogo d'osservazione però modificherà alquanto questa visibilità. La modificazione del colorito dipenderà piuttosto dallo stato atmosferico di quelle regioni terrestri, le quali ricevono durante l'eclisse i raggi solari più o meno tangenzialmente per tramandarli alla Luna. Si noti però che anche la vicinanza della Luna all'asse del cono ombroso (I, n. 511, 524) e la distanza della medesima dal vertice del medesimo cono, ossia la distanza relativa della Luna dalla Terra, servono a modificare i varii fenomeni.

(1) Cioè dal Sole all'osservatore, o meglio al punto di contatto colla Terra, da questo alla Luna, e di nuovo dalla Luna all'osservatore; perciò l'eclisse lunare totale fornisce anche un mezzo straordinario per accertare collo spettroscopio le righe telluriche ossia le righe di assorbimento dell'atmosfera terrestre (n. 152).

Digitized by Google

259. — Forse anche le protuberanze solari, delle quali tratteremo nel capitolo seguente, conferiscono in qualche modo, a modificare l'aspetto della Luna in tale occasione. Quando noi sulla Terra godiamo dello spettacolo d'un eclisse totale della Luna, un osservatore, collocato in questa, vedrebbe invece **il Sole totalmente eclissato.** Egli vedrebbe il globo oscuro terrestre, in apparenza parecchie volte più grande del disco solare, circondato dalla corona magnifica del Sole, la quale mescolando i suoi splendori coi raggi solari, riflessi e rifratti nell'atmosfera terrestre, apparirebbe verso il centro in un brillante colore di rosa. Circa il momento dei contatti interni (di Terra e Sole) si vedrebbero anche ad occhio nudo quei magnifici getti rossi idrogenici, i quali in tempo di grande attività solare vengono lanciati ad altezze enormi sopra il livello della cosidetta cromosfera, la quale di una spessezza di 8000 km. (maggiore del raggio terrestre), risplende pure con bello colore di rosa. Questa nostra spiegazione, appoggiata dalle osservazioni moderne, fu già traveduta dal Keplero, il quale, per spiegare la medesima cosa, ricorre a qualche sostanza « *crassiuscula circa Solem* » (Op. II, 25).

260. — Alcuni astronomi riferiscono d'aver osservato talvolta una **continuazione dell'ombra** terrestre fuori del disco lunare,[1] la quale, sufficientemente accertata, proverebbe l'esistenza di qualche mezzo riflettente nello spazio interplanetario ad una distanza poco differente da quella della Luna. L'astronomo Deichmüller di Bonn († 1903), osservò lo stesso fenomeno (11 aprile 1903) per la prima volta; esaminandolo però accuratamente, egli venne tosto alla conclusione trattarsi di una mera illusione ottica. L'oscurazione della parte eclissata della Luna, come notammo anche noi,[2] fu tanta anche in questa occasione, che era impossibile distinguerla dal

(1) Così i signori Klein e Konkoli 3 Aug. 1887, Stuyvaert 16 Gen. 1889. Cfr. *Astron. Nachr.* n. 2889, 2904.

(2) *Atti dell'Accad. Pont. dei N. Lincei*, 19 aprile 1903. L'eclisse citata fu anche rimarchevole per la data, cadendo nella notte di Pasqua. Cfr. *Astr. Nachr.* 3865. Il Deichmüller nota ivi un'altra osservazione curiosa, che cioè l'ingrandimento apparente di $^1/_{50}$ della sezione del cono ombroso (I, n. 513), accorcia soltanto il tempo dei primi contatti esterni, non dei contatti colle singole formazioni; ciò proverebbe trattarsi anche in quell'ingrandimento apparente d'una illusione ottica.

Digitized by Google

fondo oscuro (grigio) del cielo. Soltanto i contorni immediati tra la parte illuminata, splendente in una luce giallastra, e quella eclissata, per il contrasto mostravano un colorito azzurrognolo (complementare), il quale colorito sembrava continuato per breve spazio fuori del disco. La pretesa continuazione dell'ombra fuori della Luna sarebbe quindi niente altro che l'effetto dei colori complementari del disco illuminato e dei contorni immediati della parte oscurata. Questo spiega anche la rarità del fenomeno, rimanendo sempre un caso eccezionale, che la parte eclissata della Luna, anche prima della totalità scomparisca e si confonda col fondo oscuro del cielo.

261. — Come corollario del numero precedente sia qui fatta menzione di una simile illusione ottica, per la quale nell'**occultazione delle stelle** dietro la Luna, la stella ora sembra per un momento come attaccata al lembo lunare, ora pare voler passare davanti al disco della Luna, proiettandosi sul lembo di essa e formando un'apparente intaccatura nel medesimo. Questi ed altri simili fenomeni, se fossero prodotti da una atmosfera lunare, dovrebbero essere osservati costantemente, e non, come accade, in casi eccezionali. Probabilmente l'imperfezione del cannocchiale, nel quale i fochi della luce (rossiccia) d'una stella e della luce (gialla, azzurra) del lembo lunare trovansi a diversa distanza dall'obbiettivo. Aggiungendosi ancora qualche difetto di aberrazione di sfericità (I, n. 174), lo strumento, aggiustato per il lembo lunare, mostrerà la stella come un dischetto ingrandito, il quale, venendo in contatto col lembo lunare, mostrerà quei effetti d'irradiazione testè enumerati. Una cosa simile può osservarsi ad occhio nudo, osservando per es. la Luna dietro una spranga di ferro (un parafulmine); la spranga nel luogo dove copre la Luna sembra molto più sottile del resto. A cagione di queste e simili anomalie, il tempo più opportuno, per misurare accuratamente lo stesso diametro della Luna, è quello di un'eclisse totale.

Digitized by Google

CAPITOLO III.

IL SOLE.

ART. I. — PRENOZIONI GENERALI SULLA FIGURA, GRANDEZZA E MASSA SOLARE.

262. — Il corpo celeste più importante del nostro sistema planetario non solamente per la sua grandezza e posizione centrale, ma anche per il **molteplice influsso** che esercita sui varii pianeti in generale, e sulla Terra in ispecie, è senza dubbio il Sole, il quale perciò fu chiamato dal celebre Copernico (I, n. 352) il grande luminare del mondo, collocato sopra il trono regale dell' universo, a servire di guida e di governatore alle *stelle erranti* del nostro sistema.

L'influsso benefico che il grande astro del giorno esercita sulla vita terrestre, vegetale ed animale, sul benessere dell'uomo, materiale ed intellettuale, da sè solo dovrebbe bastare, ad eccitare la nostra curiosità, di studiare più intimamente la natura e la costituzione di questo splendido focolare celeste. Ma vi ha di più. Il Sole non riempie soltanto di luce e di gioia la nostra dimora terrestre, egli non solamente fa risplendere in colori brillantissimi tutti i regni della natura, il cielo e la terra; ma allo stesso tempo, egli compie un lavoro continuo quaggiù, per fornirci di tutto ciò che è necessario, utile ed aggradevole alla vita quotidiana sociale ed industriale. Che cosa sarebbe la Terra senza Sole? — Un abisso gelido e tenebroso, un grande cimitero senza vita, senza luce! — Il calore del Sole agita la nostra atmosfera, gonfia le vele dei bastimenti, apre i fiori dei giardini, matura i frutti dei campi; il Sole solleva le acque dei mari, ne riempie le nubi, le sparge sulle montagne; donde precipitando in ruscelli, torrenti e fiumi queste medesime acque fecondano le nostre pianure, forniscono nuove sorgenti di forza ed energia, che l' industria umana ha saputo utilizzare in mille maniere. Ecco quanto è giusto l'apprezzamento del poeta, quando chiama il Sole (*Par.* X, 10):

> **Lo ministro maggior della natura**
> **Che del valor del ciel il mondo imprenta.**

Digitized by Google

263. — Il Sole sembra un immenso globo di fuoco, perfettamente sferico, con limiti ben determinati, il **diametro** del quale, alla distanza media dalla Terra (I, n. 461) sottende un angolo di $31' 59'',26$. Avendo riguardo alla parallasse $8'',80$, si trova che la detta distanza è di 149 milioni di chilometri.

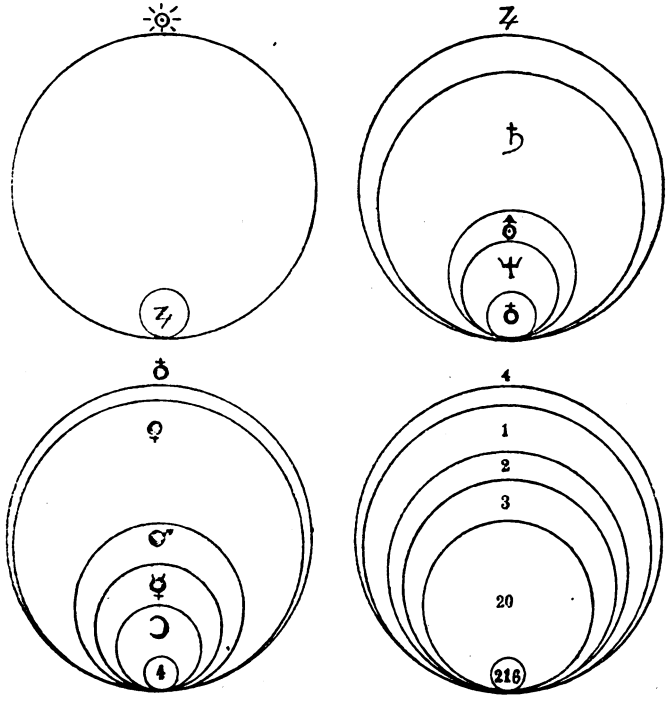


Fig. 82. Proporzione dei corpi celesti nel nostro sistema planetario.

Per conseguenza il diametro reale del Sole è di 1 390 450 km. ossia equivalente a 109,05 diametri terrestri, cioè molto maggiore del diametro medio dell'orbita lunare, la quale misura soltanto 60 diametri terrestri. In altre parole, intorno alla Terra, collocata nel centro di un globo vuoto, delle dimensioni del globo solare, la Luna potrebbe girare liberamente (senza pericolo di urtare le pareti), non solamente ritenendo la distanza attuale dalla Terra, ma eziandio aumentando la detta distanza di circa $^2/_3$. Una lineetta che apparisce sul Sole della

Digitized by Google

lunghezza di 1″ (secondo di arco), equivale ad un'estensione lineare reale di 724,7 km.

Il volume del Sole rappresenta 1 300 000 volte il volume della Terra (n. 173), la superficie poi del globo terrestre troverebbe 11 900 volte posto sulla superficie solare. La figura 82 dà un' idea di altre simili proporzioni nel nostro sistema planetario. Il primo cerchio grande col piccolo incluso rappresenta la proporzione dei globi del Sole (☉) e del pianeta gigante Giove (♃); portando poi nel secondo gruppo le dimensioni del pianeta (♃) a quelle, che aveva il Sole (☉) nel primo, gli altri cerchietti inclusi rappresentano le relative proporzioni dei pianeti Saturno (♄), Urano (♅), Nettuno (♆) e della Terra (♁). Similmente nel terzo gruppo il circolo esterno rappresenta la Terra, per mostrare le proporzioni tra il globo terrestre e quello di Venere (♀), Marte (♂), Mercurio (☿), della Luna (☽) e del pianetino più grande Vesta (4). L'ultimo gruppo mostra quelle di Vesta con altri asteroidi (I, n. 407), cioè Cerere (1), Pallade (2), Giunone (3), Massalia (20) e Cleopatra (216).

264. — La massa del Sole supera ben 331 301 volte quella della Terra; e siccome il rapporto tra la massa ed il volume rappresenta **la densità**, ne segue che la densità media del Sole è assai inferiore a quella del globo terrestre, e supera di poco (1,4) quella dell'acqua.

Non sarà fuori di proposito di indicare qui brevemente il metodo, col quale si arriva a conoscere il valore della massa solare relativamente a quella degli altri pianeti, specialmente della Terra e della Luna (nn. 172, 233). L' attrazione che due corpi esercitano uno sopra l'altro è proporzionale alla ragione inversa del quadrato delle distanze e alla ragione diretta delle loro masse (I, n. 401). Le leggi di Keplero trascurarono del tutto le masse dei pianeti. Se ciononostante le loro orbite corrisposero all'osservazione, questo solo dimostra già la grande preponderanza della massa solare sulle masse planetarie, non solamente della Terra, ma di qualunque altro pianeta, Giove non eccettuato. Siccome due pesi diversissimi, per es. 1 kg. ed un grammo, cadendo alla superficie terrestre, mostrano la stessa accelerazione di 9,8 metri in 1 sec., così Giove, collocato alla distanza della Terra, mostrerebbe la stessa accelerazione verso il Sole come

Digitized by Google

la Terra; e viceversa, la Terra alla distanza di Giove, avrebbe l'accelerazione attuale di Giove; e nondimeno sappiamo che, per imprimere la stessa accelerazione ad un chilogrammo come ad un grammo ci vuole una forza 1000 volte maggiore. Perchè questa differenza sparisca nei dati esempi, si spiega con ciò, che la massa di 1 kg. in confronto della massa terrestre è sensibilmente trascurabile come la massa di 1 grammo solo.

265. — Per l'accelerazione f di un pianeta, cadente alla distanza media dal Sole verso questo, vale la formola (I, n. 396):

$$f = \frac{4 r^3 \pi^2}{t^2} \cdot \frac{1}{r^2}$$

nella quale r significa la distanza media, t il tempo periodico d'una rivoluzione. Nel caso della Terra, ponendo $r = 1$, $t = 365\ ^1/_4$ giorni, troviano:

$$f = \frac{4 \pi^2}{t^2} = 0{,}0002959.$$

Per un altro pianeta qualunque della distanza media r_1, espressa in unità di r, avremo:

$$f_1 = \frac{0{,}0002959}{r_1^2}.$$

Lo stesso vale dell'accelerazione che esercitano i pianeti principali sui loro satelliti, specialmente, se la massa di questi è trascurabile in confronto della massa del pianeta rispettivo. Consideriamo così, per es., il IV satellite di Giove, il quale ha una distanza media di 0,0126 volte quella della Terra dal Sole; il suo tempo periodico, espresso in tempo medio solare, è di $16^d\ 16^h\ 32^m,2 = 16^d,689$. Sostituendo questi valori nella formola generale, si trova per l'accelerazione del medesimo satellite 0,000000283; cioè l'attrazione, esercitata dal pianeta Giove, sta a quella del Sole, come 1 : 1048. Da ciò si conclude che la massa del Sole è 1048 volte maggiore della massa del pianeta Giove.

Confrontando similmente l'attrazione, che la Terra esercita sulla Luna, si trova che la Terra, insieme alla Luna, ha

Digitized by Google

una massa ben 329 000 volte più piccola della massa solare, ossia:

$$\text{massa } (\overset{+}{\circ} + \text{☽}) : \text{massa } \text{🌑} = 1 : 329000.$$

Per separare poi la massa della Terra da quella della Luna, si ricorre al fenomeno delle maree, il quale fornisce i valori:

$$\text{massa } \text{☽} : \text{massa } \overset{+}{\circ} = 1 : 81{,}068 \pm 0{,}238.$$

Donde segue finalmente:

$$\text{massa } \overset{+}{\circ} : \text{massa } \text{🌑} = 1 : 331\,301 \pm 625.$$

Conseguentemente **il peso** di un corpo alla superficie del Sole sarebbe più di 300 000 volte maggiore di quello che peserebbe alla superficie della Terra, se il volume del Sole fosse uguale al volume della Terra, ma siccome il raggio del Sole è 109 volte più grande del raggio terrestre, il numero 331 301 deve essere diviso per 109^2; ciò che dà un peso soltanto circa 28 volte maggiore. Similmente l' **accelerazione** dei gravi, cadenti liberamente alla superficie solare, sarebbe circa 270 metri (269,5) in un minuto secondo.

Tutti questi dati ci serviranno poi per formarci un'idea giusta dell'attività solare e delle forze che agiscono sul nostro astro centrale.

Art. II. — Scoperta delle macchie solari.

266. — Il Sole per tutta l'antichità e per tutto il medio evo, fu sempre considerato come il simbolo di intemerata lucidità e purezza. Secondo la filosofia aristotelica la sostanza del Sole, come di tutti gli astri del cielo, era incorruttibile ed inalterabile. (1) L'esperienza di più di 55 secoli sembrava confermare questo concetto, finchè il telescopio, diretto verso l'astro del giorno, rivelò in esso l'esistenza di vere macchie oscure, variabili e transitorie. L'inaspettata novità del fenomeno, e l'incredulità, che la scoperta dovea incontrare presso gli stessi dotti, spiega sufficientemente, perchè **gli scopritori** esitarono

(1) In conferma di queste opinioni si citava perfino il testo proverbiale della Sacra Scrittura: *Quid lucidius sole?* (*Eccli.* XVII, 30).

Digitized by Google

per qualche tempo di pubblicare la scoperta fatta [1]; anzi in questo modo avvenne, che la stessa scoperta facevasi (verso il principio dell'anno 1611) nel decorso di pochi mesi indipendentemente da quattro astronomi: cioè dal Galilei in Italia, dal Fabricius in Olanda, dal P. Scheiner in Germania e dall'Harriot in Inghilterra.

267. Non è facile decidere a quale di questi quattro debba attribuirsi **la priorità** della scoperta, nè noi vogliamo qui entrare in questa questione un po' spinosa, talvolta discussa con grande animosità e non senza spirito di parzialità e di partito. Un poco di distinzione opportuna, come mostra recentemente il P. Carrara in una dotta memoria, [2] assegnerà facilmente ad ognuno dei competitori quello che gli conviene. Se consideriamo la successione delle prime pubblicazioni fatte, la precedenza appartiene a **Giovanni Fabricius**, il secondo luogo al P. Scheiner, il terzo a Galilei, il quarto all'Harriot. Il manoscritto rispettivo di quest'ultimo, trovato soltanto verso la fine del secolo XVIII, fu pubblicato nell'*Astr. Jahrbuch* di Berlino nel 1788. Del Fabricius esiste un

(1) Lo stesso Galilei come causa del suo silenzio sulle macchie solari adduce questa ragione: « A me conviene andare tanto più cauto e circospetto nel pronunziare novità alcuna, che a molti altri, quanto che le cose osservate di nuovo e lontano dai comuni e popolari pareri... mi mettono in necessità di dovere ascondere e tacere qualsivoglia nuovo concetto; finchè io non ne abbia dimostrazione più che certa e palpabile ». Lettera prima a Marco Velseri del 4 maggio 1612. *Le Opere di Galileo Galilei* (edizione nazionale). Firenze, 1890, vol. V, 94.

La stessa ragione indusse il P. Scheiner (d. C. d. G.) a nascondere il suo nome da principio sotto il pseudonimo di Apelle (*Apelles latens post tabulam*). Gli aneddoti, raccontati più di un secolo dopo, da alcuni *storici* intorno alle osservazioni, fatte allo Scheiner dal suo preposito provinciale, non sono che invenzioni fantastiche, ripetute con grande insistenza, ma poco degne di scienziati. L'editore delle Opere Galileane (Ed. naz.) avverte in una nota (V, 10) che lo stesso Scheiner in una « *narrazione posteriore* » spiega la cosa nel senso da noi indicato. Non sarà necessario di aggiungere che questo « *posteriore* » non si riferisce (come taluno potrebbe credere) ai detti *racconti*, ma semplicemente al tempo della scoperta, ossia delle prime pubblicazioni del 1611.

(2) Bellino Carrara S. J., « *L'uniquique suum* » *nella scoperta delle macchie solari*. Memoria presentata all'Accad. Pontif. dei N. Lincei, 1905. Ivi si trovano citati i varii autori che scrissero sul medesimo tema, specialmente il Favaro, *Miscellanea Galilaeana inedita*, ecc.

Digitized by Google

libretto latino, pubblicato nel giugno 1611 col titolo: *Narratio de maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione* (Witebergae 1611). Il P. Scheiner annunziò la sua scoperta per la prima volta in una lettera, scritta al noto Marco Welser di Augusta, in data del 12 novembre 1611 sotto il finto nome di *Apelle*. Questa lettera fu dal Welser comunicata a Galilei, il quale rispondendo il 4 maggio 1612, asserisce fra le altre cose di avere osservato le macchie già 18 mesi prima (cioè nel novembre 1610). Queste lettere dello Scheiner e di Galilei sono i primi documenti conservati e pubblicati [1] dopo la *narrazione* del Fabricius.

268. — Il Fabricius ha fatto le sue osservazioni al principio di marzo 1611,[2] il P. Scheiner nel medesimo mese dello stesso anno;[3] ammettendo la data, surriferita dal **Galilei** (nov. 1610), questo sarebbe il primo scopritore in ordine di tempo. Il vero però sì è, che Galilei non pubblicò mai un' osservazione (registrata scientificamente) anteriore al 5 aprile 1612, cioè dopo aver ricevuto l'avviso del P. Scheiner. Sembra perciò, come nota il Wolf,[4] che Galilei da prin-

(1) Cfr. *Op. Gal.* (ed. naz.), V, 1-260. Le lettere di Galilei furono pubblicate per cura dell' Accademia dei Lincei insieme alle lettere del P. Scheiner sotto il titolo: *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti.* Roma, 1613. Nell'anno seguente apparve in Ingolstadt una dissertazione composta da G. Locher, discepolo del P. Scheiner, sotto il titolo: *Disquisitiones mathematicae de controversiis et novitatibus astronomicis.*

(2) Così leggesi in un *Pronosticon astron.* per l'anno 1615, scritto dal noto astronomo Davide Fabricius, padre di Giovanni, « dass man maculas in der Sonne wahrgenommen, wie solches neben mir von meinem filio M. Iohanne Fabbricio, Medicinae studioso, im Jar 1611 den 27 febr. (styl. vet.) durch di Holländische Brill am allerersten ist observirt worden ». Siccome il figlio del vecchio Fabricius era soltanto un dilettante in astronomia, si spiega facilmente come la sua pubblicazione rimase per lungo tempo sconosciuta allo stesso Keplero. Cfr. KEPL. *Op. omnia* (ed. Frisch), II, 782.

(3) Cfr. la prima lettera cit. dello Scheiner (*Op. Gal.* ed. naz., V, 25) e la ROSA URSINA (*Ad lectorem*).

(4) *Geschichte der Astronomie.* München, 1877, 392. Galileo scrive sotto la data del 23 giugno 1612 a Giuliano de' Medici, che « sono circa *15 mesi e più* (marzo 1611) che cominciai a vedere nel Sole alcune macchie oscure, e pur l'anno passato nel mese d'aprile, essendo in Roma, le feci vedere a diversi prelati e altri signori ». Così riferiscono molte edizioni

Digitized by Google

cipio non riconobbe la realtà e l'importanza della sua scoperta, altrimenti non avrebbe tardato di farla palese (come fece in simili occasioni, I, n. 174) almeno con qualche anagramma.

Se consideriamo finalmente la discussione scientifica della nuova scoperta, la palma senza dubbio, come attestano Hevel, Lalande, Descartes, Gassendi ed altri,[1] è dovuta al **P. Scheiner**. Basta citare la grande opera in folio di pagine 800, dal medesimo pubblicata sotto il titolo: ROSA URSINA, sive SOL, *ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius* (Bracciani, 1630),[2] nella quale si

delle *Opere Galileane*; anche quella di Firenze (1847, VI, 188); recentemente si è scoperto, che questo numero 15 (nel manoscritto di Vienna) sembra essere piuttosto 23 (luglio 1610); ad ogni modo si vede, quanto sia intricata la questione sulla data precisa della prima scoperta. Del resto è falso che il P. Scheiner abbia mai asserita tale priorità da parte sua; falso è pure che egli sia stato il primo che abbia suscitato questa questione. Fu invece Galilei, il quale, non senza acrimonia, molti anni dopo pubblicando il suo *Saggiatore* (I, n. 385), denunziò, almeno indirettamente, e senza argomento, il P. Scheiner come plagiario delle sue scoperte, alla quale accusa questi si tenne obligato di rispondere e di mantenere con ragioni efficacissime non la priorità, ma l'indipendenza della sua scoperta.

(1) Cfr. CHRISTOPH SCHEINER, *als Mathematiker, Physiker und Astronom*, von A. v. Braunmüh . Bamberg, 1891, p. 33 (cfr. I, n. 203). Citiamo un solo passo del Lalande (*Astr.* to. III, n. 3227): « Quoi qu'il en puisse être de celui, a qui le hasard a fait voir les taches du Soleil pour la première fois, il est sûr que personne ne les observa aussi bien et n'en donna la théorie d'une manière aussi complète que Scheiner ... Hevelius le cite avec les plus grandes éloge: *Incomparabilis et omnimodae eruditionis* (vir) ... *ut hac in materia omnibus palmam quasi praeripuisse dici possit* ». Con ciò non vogliamo menomare il merito del suo rivale Galilei, il quale espresse molte idee giuste nelle dotte risposte al Welser. Se Galileo fu anteriore allo Scheiner nell'osservazione delle macchie, dice il P. Secchi (*Le Soleil*, I, 7), esso però non le studiò in una maniera costante e non ne comprese l'importanza se non dopo la pubblicazione delle tre lettere pseudonime del gesuita tedesco a Marco Welser, borgomastro di Augsburg ... Il fatto materiale della scoperta delle macchie altro non era che una quistione di tempo e di casualità; lo scoprirne però la vera teorica, spettava al genio, e ad una costante e paziente attenzione lo studiarne i fenomeni. *Sous le rapport du génie, Galilée est sans rival; sous le rapport des observations, Scheiner a bien merité de la science.*

(2) L'opera è dedicata al principe Orsini, duca di Bracciano, al quale lo scrittore offre questo *fiore* dell'ingegno; così si spiega il titolo *Rosa Ursina*. Molte simili cose che occorrono nell'opera, la stessa vivacità dello stile, vogliono essere giudicate secondo il gusto e le usanze di quei tempi.

Digitized by Google

trovano registrate più di 2000 osservazioni con apposite illustrazioni, scientificamente discusse. Queste discussioni contengono il germe di molte verità sulla costituzione del Sole, le quali oggidì sono considerate come un acquisto definitivo alla scienza astronomica. Anzi non poche di quelle verità, già accertate dallo Scheiner, furono dipoi dimenticate ed hanno dovuto essere riscoperte, perchè alcuni astronomi posteriori credettero di poter ignorare impunemente l'opera citata.[1]

269. — Trattandosi del mero fatto, di aver *vedute* le macchie solari (anche senza telescopio), la scoperta rimonta a tempi molto anteriori del secolo XVII. Keplero osservò già nell'ottobre 1607 in una camera oscura una macchia solare per mezzo della proiezione del Sole sopra un cartone bianco. Siccome però il tempo di quest'osservazione coincideva colla congiunzione inferiore (I, n. 320) del pianeta Mercurio, l'astronomo di Praga credette di vedere quest'astro passare davanti al disco solare.[2] L'errore fu soltanto riconosciuto dopo le pubblicazioni delle scoperte telescopiche. Le macchie più grandi, che appariscono di tempo in tempo nel Sole, sono ben visibili anche ad occhio nudo, e quindi non può recare meraviglia, se in qualche cronaca antica si trovano delle descrizioni, che sembrano indicare simili osservazioni. Si cita perfino un passo di Vergilio.[3] Ma in nessuno di questi luoghi citati si parla chiaramente di macchie inerenti al Sole, ma di oscurità, osservate davanti al Sole, che si credevano cagionate o da corpi opachi della nostra atmosfera (piccole nubi, ecc.), ovvero da pianeti inferiori (☿ o ☾). Fuori dell'Europa i **Cinesi**, **Arabi** e **Peruani** sembra abbiano avuto idee più chiare sul nostro fenomeno. Dei primi si conoscono quarantacinque casi di osservazioni simili tra il secolo IV e XIII;[4] tutte queste notizie pervennero in Europa soltanto dopo le scoperte sovra narrate.

(1) Le nostre frequenti citazioni della *Rosa Ursina* (R. U.) lo proveranno.

(2) A. MÜLLER, *J. Keppler, der Gesetzgeber der neueren Astronomie.* Freiburg, 1903, p. 60.

(3) *Geor.* I, 454. Cfr. KEPL. *Op. omn.* (ed. Frisch), II, 786.

(4) Cfr. HOUZEAU, *Vade-Mecum de l'Astronomie.* Bruxelles, 1882, p. 417.

Digitized by Google

Art. III — Varii metodi di osservare il Sole.

270. — Il Sole, a cagione della luce intensa che emette, non può essere guardato direttamente neppure ad **occhio nudo** senza pericolo per la vista. Questo spiega anche, perchè le macchie solari per tanti secoli rimasero, se non del tutto inosservate, almeno poco studiate. Solamente, quando una nebbia non troppo fitta, o un sottile strato di nubi, copre il disco solare, l'occhio può dirigersi impunemente verso di esso, ed esaminarne la superficie. Anche verso il tramonto del Sole, quando i raggi solari per arrivare a noi, devono attraversare gli strati più densi dell'atmosfera, si possono più facilmente distinguere certe particolarità del disco luminoso. Oggidì si suole adoperare semplicemente una lastra di vetro affumicato, che si tiene davanti all'occhio, per eliminare la luce soverchia. Anche guardando l'imagine solare, riflessa da uno specchio, ovvero da un liquido, essendo una buona parte dei raggi luminosi assorbita dal mezzo riflettente, si corre meno rischio di offendere la vista. Un mezzo semplice di osservazione offre la camera oscura, nella quale i raggi solari, penetranti per un piccolo forellino, dipingono sulla parete opposta un'imagine abbastanza netta e definita del Sole. Keplero (come dicemmo) osservò in questo modo una grande macchia solare nell'ottobre 1607, e sembra che lo stesso Fabricius abbia continuato con simile metodo l'osservazione del febbraio 1611.[1]

271. — Le **osservazioni telescopiche** riuscirono assai difficili da principio. Il telescopio aumenta talmente la luminosità del Sole, che le nuvole leggiere o la nebbia, che talvolta si frappongono tra lo strumento e l'astro del giorno, sono insufficienti per la protezione dell'occhio. Vicino all'orizzonte invece gli strati inferiori dell'atmosfera, per la loro agitazione, rendono l'imagine telescopica così irregolare ed

(1) « Frattanto noi (padre e figlio) imaginammo di ricevere i raggi solari per un piccolo foro in una camera oscura sopra un cartone bianco, e vedemmo ben distintamente la macchia in forma d'una nube allungata ». L. c. (n. 267). Il padre stava in continua corrispondenza con Keplero e sapeva della sua osservazione analoga.

Digitized by Google

ondulante, che riesce difficile farsi un'idea precisa sulle apparenze reali della superficie solare. Quest'ultimo metodo sembra essere stato adoperato da Galilei nelle sue prime osservazioni.[1] Fabricius dice che ad onta di simili cautele, per due giorni non distingueva quasi più niente; raccomanda perciò di cominciare l'osservazione col levar del Sole, osservando prima una piccola parte, e poi pian piano (avvezzando l'occhio all'insolito bagliore) tutto il disco.[2] Il P. Scheiner trovò da principio un rimedio a questi inconvenienti, adoperando dei **vetri offuscanti** per mitigare lo splendore dell'immagine telescopica; anzi egli, fabbricando lenti di vetro colorato, costrusse un telescopio che serviva esclusivamente alle osservazioni solari ed al quale diede perciò il nome di **Elioscopio**. Se l'estinzione della luce ottenuta in questo modo non bastava, egli adoperava inoltre un vetro piano offuscato, che poteva porsi davanti all'obiettivo, ovvero dietro l'oculare, o anche tra l'uno e l'altro; anzi questo mezzo solo poteva essere sufficiente per vedere nettamente i contorni e le particolarità della superficie solare, anche in pieno giorno.[3]

272. — I vetri offuscanti, posti davanti all'oculare, facilmente si spezzano a cagione del calore intenso del Sole e ciò non senza pericolo per l'occhio dell'osservatore. Gli astronomi moderni ed i costruttori degli strumenti astronomici hanno

(1) Cfr. KEPL. *Op. omn.* II, 782 (ed. Frisch).

(2) Keplero sentendo della scoperta di *Apelle*, diresse un telescopio verso il Sole, coprendo l'obiettivo quasi interamente (eccettuato un piccolissimo dischetto); ma nonostante la precauzione il suo occhio soffrì tanto che un'ora dopo le lettere d'un libro gli sembravano tante fiammette scintillanti. Forse la cecità finale di Galilei in parte era conseguenza delle sue osservazioni solari. Queste difficoltà spiegano in qualche modo, che egli non si fidava delle sue prime osservazioni, come la difficoltà di verificarle col testimonio di altri. MÜLLER, l. c. 112.

(3) *Rosa Ursina* 70. Scheiner indicò i metodi sovraccennati già nella prima lettera al Welser (12 nov. 1611). Cfr. *Op. Gal.* (ed. naz.), V, 27. Invece delle lenti colorate Foucault suggerì l'argentatura dell'obiettivo, che renderebbe però il telescopio parimente inutile per altri usi. I vetri offuscanti di colore neutro con facce piane e parallele, da mettersi davanti all'oculare, sono rimasti in uso fin oggi. Essi vengono similmente adoperati nelle osservazioni degli astri più brillanti (☽, ♀, ♂, ecc.). Si raccomanda inoltre, di non tener gli occhi fissi all'oculare in simili osservazioni che per intervalli, riposandoli di quando in quando.

Digitized by Google

perciò divisato altri metodi, per ottenere una simile estinzione dei raggi solari, utilizzando la nota polarizzazione del raggio luminoso in certe condizioni. Il P. Secchi ne descrive parecchi nell'opera sul Sole (*Le Soleil*, I, 32 sgg.). Il migliore **oculare elioscopico** di questo genere sembra quello del Merz, del quale la figura 83 rappresenta una sezione (poco modificata). Tutto l'apparecchio per mezzo della vite S viene applicato all'estremità oculare del telescopio, l'asse ottico del quale è indicato dalla linea A. I raggi (centrali) provenienti dall'obiettivo vengono quattro volte riflessi dalle facce esteriori di due prismi, P_1 e P_2, e sopra da due specchi piani, R_1 e R_2, prima di arrivare all'oculare (ordinario) in B. I prismi (sostituiti agli specchi del Merz – ed in ciò consiste la modificazione accennata) hanno il vantaggio, che riflettono soltanto una parte della luce, che perciò arriva già indebolita in R_1; l' altra parte viene rifratta verso *m* e *o*, e quindi allontanata del tutto, eliminando allo stesso tempo il pericolo che si spezzi lo specchio in R_1. Specchi e prismi sono rinchiusi in due tubi cilindrici; quello degli specchi può girare intorno alla linea centrale C D, ossia intorno al raggio riflesso P_2R_1, cosicchè dopo un giro di 180° gli specchi abbiano la posizione delle linee puntate, portando seco l'oculare. La direzione del raggio P_2R_1 rimane quindi invariata, ma non così l'azimut del raggio riflesso R_1R_2, il quale perciò si polarizza, cioè si estingue tanto più, quanto più il giro fatto si avvicina da 0° a 90°. In questo modo si può senza alterazione dell'imagine telescopica moderare a piacimento la sua luminosità secondo le varie condizioni atmosferiche e secondo la sensibilità dell'occhio dell'osservatore. Un cerchio graduato indica i gradi

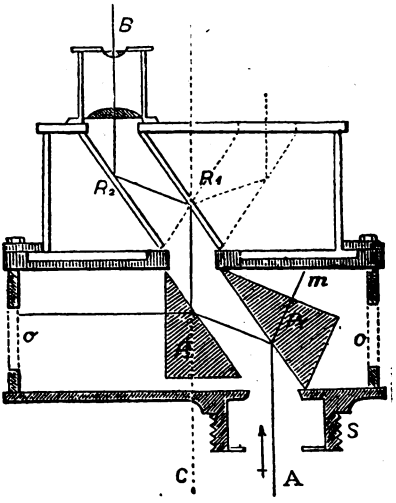


Fig. 83. Oculare elioscopico.

Digitized by Google

rispettivi del giro azimutale, e con ciò anche dell'estinzione della luce.(1)

273. — Il metodo più comodo di osservare il Sole, e di

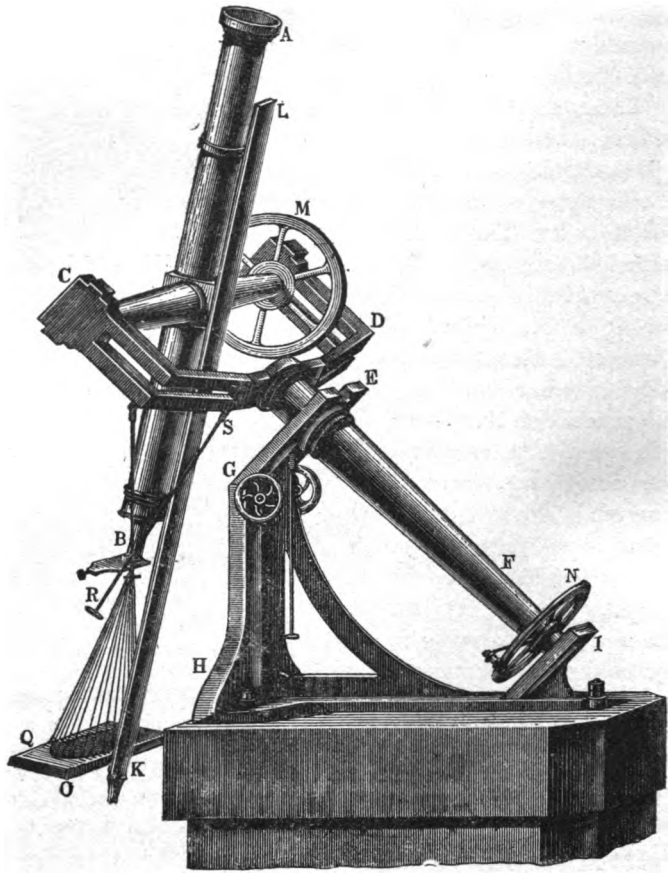


Fig. 84. Telescopio, usato dal P. Secchi, pel disegno delle macchie solari.

farlo vedere a parecchi spettatori allo stesso tempo, è quello (già adoperato dai primi scopritori delle macchie solari) della

(1) Gli *oculari polariscopici* qui indicati non devono confondersi con altri che servono ad investigare se i raggi di un corpo celeste qualunque siano polarizzati, cioè raggi di luce riflessa. Di questi si tratterà più sotto.

Digitized by Google

proiezione del Sole sopra un cartone bianco.[1] Trattando dell'invenzione della montatura parallattica dell' equatoriale abbiamo già riprodotta la figura dell'apparato, adoperato dal P. Scheiner (I, n. 203), chiamato da lui *Eliotropio*. La figura 84, qui annessa, mostra lo strumento perfezionato, col quale furono fatte le celebri osservazioni del Collegio Romano, sotto la direzione del P. Secchi. Dopo le cose dette nell'astrometria poche spiegazioni bastano. Il telescopio A B porta l'asta L K, sull'estremità inferiore della quale è montata (perpendicolarmente) la tavoletta O Q, destinata a ricevere l'immagine proiettata. M ed N sono i cerchi graduati dei due assi C (di declinazione) ed F (asse orario), mediante i quali si regola la posizione dello strumento, secondo la rispettiva declinazione e secondo l'angolo orario del Sole. I due bracci robusti S e D, che sostengono l'asse di declinazione, danno maggiore consistenza al telescopio, ben equilibrato in tutte le sue parti. I varii congegni che si vedono in R e G, servono ai movimenti piccoli da farsi; l'orologio che comunica al circolo orario N la rotazione necessaria, affinchè il Sole rimanga costantemente nel campo del telescopio, non si vede nella nostra figura. L'imagine focale del cannocchiale manda i suoi raggi attraverso l'oculare ordinario; questo agisce come una seconda lente obiettiva, la quale a distanza conveniente riproduce di nuovo un'i m a g i n e r e a l e i n g r a n d i t a visibile sul cartone bianco, applicato sulla tavoletta. Cambiando la distanza dell'oculare dall'obiettivo, cambia pure il foco coniugato dell'oculare, variando con ciò la grandezza dell'imagine proiettata. Per vederla però nettamente, sarà pure necessario di variare la distanza della tavoletta dal medesimo. Così si può dare all'imagine del disco solare una grandezza determinata d'un diametro da 10 a 20 centimetri (e più).[2]

(1) Il metodo sembra essere imaginato da varii osservatori indipendentemente. Galilei dice d'averlo imparato dal suo amico Castelli (*Op. Gal.* ed. naz. V, 136); il P. Scheiner lo adoperava già molto tempo prima che scrivesse le sue lettere al Welser (Rosa Urs. 75).

(2) « Per veder le macchie distintissime e terminate - scrive Galilei 14 agosto 1612 (*Op.* ed. naz. V, 137) - è bene iscurir la stanza serrando ogni fenestra, sicchè altro lume non vi entri che quello che viene pel cannone » (cannocchiale). Il P. Secchi teneva la cupola girante, che copriva lo strumento (I, n. 204), riparata nell'interno di drappi neri in

Digitized by Google

274. — **L'orientazione dell'imagine** solare così proiettata è di somma importanza per gli ulteriori studi della fisica solare. Omettendo i metodi primitivi, della proiezione di un filo a piombo sulla medesima, colla quale si poteva accertare pel momento il punto più verticale del disco solare, indichiamo brevemente il metodo ora adoperato (supponendo naturalmente un telescopio equatorialmente montato). Avendo disegnato sul cartone bianco un circolo (Fig. 85) uguale al disco solare proiettato, si dispone il telescopio cosicchè (fermato l'orologio) l'imagine del Sole, pel suo moto apparente diurno, entri in questo cerchio; si sceglie un puntino ben marcato sul disco (una macchietta ben definita), di cui si nota l'entrata presso A e l'uscita nel punto B dal detto circolo. Conducendo pel centro una retta E W, parallela ad A B, e sopra questa una perpendicolare N S, quest'ultima indicherà il punto più settentrionale N ed il più australe S del disco (Nord e Sud); E e W saranno i punti voltati rispettivamente verso Est e West, e con ciò la posizione della macchia viene facilmente determinata relativamente agli assi N S, E W. La variazione della declinazione del Sole nel passaggio tra A e B sarà sempre insensibile e quindi trascurabile. Per misure più accurate si usa il micrometro (I, n. 184).[1] Nella proiezione, indicata

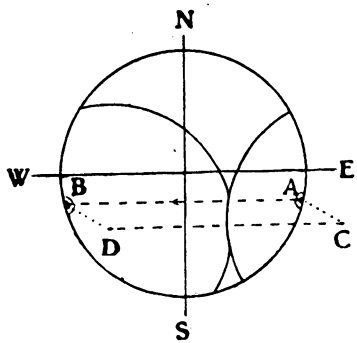


Fig. 85.

modo che non si vedeva altra luce che quella dell'imagine solare. Ordinariamente basta di porre uno schermo, perforato nel mezzo, sull'estremità obiettiva del telescopio.

(1) Per evitare lo spostamento del Sole in declinazione, basta condurre per mezzo della vite (a movimento piccolo) la macchietta direttamente da A in B. Può essere comodo (in certe posizioni del Sole) di adoperare davanti all'oculare un prisma a riflessione, cosicchè il piano della tavola sia parallelo all'asse ottico; vi sarà allora una nuova inversione parziale dell'imagine proiettata, della quale bisogna tener conto nell'orientazione della medesima.

Digitized by Google

dalla figura 85, i quattro punti N, S, E, W sono orientati come sulle carte geografiche, cioè trovandosi N di sopra, S di sotto, saranno E a destra, W a sinistra dello spettatore.

Art. IV. — La rotazione del Sole dedotta dalle macchie.

275. — Osservando un giorno dopo l'altro una macchia solare, che forma col suo centro un punto nero ben determinabile sul disco solare, uno si accorge subito che questo punto non rimane allo stesso posto, ma si sposta da est verso ovest, con intervalli abbastanza regolari, tenendo conto della sfericità del Sole e della proiezione (I, n. 68). Da ciò seguirebbe immediatamente, che il Sole abbia un moto di rotazione intorno ad un asse proprio, purchè sia provato, che le macchie siano fenomeni inerenti alla superficie solare. Di fatti vediamo che il **Fabricius** concluse subito, almeno come cosa molto probabile, dalle sue prime osservazioni, che il Sole aveva un moto di rotazione; quello che lasciava qualche dubbio sulla conclusione era l'osservazione fatta dal medesimo, che le macchie, che appariscono talvolta in gruppi, non conservano la stessa distanza relativa tra di loro, dovevano quindi essere qualche cosa fluttuante, a modo delle nostre nubi; ma ammettere nubi nel Sole sembrava troppo contrario alle idee filosofiche fin allora sostenute nelle scuole (n. 266).

276. — Per simili ragioni anche il **P. Scheiner** da principio sosteneva trattarsi di corpi celesti, situati fuori del globo solare, i quali a modo di pianeti vicinissimi girassero intorno all'astro centrale. Non mancò chi suggerisse di chiamarli astri austriaci simili agli astri medicei (Satelliti di Giove) del Galileo (I, n. 172). Contro questa ipotesi erano però i già detti moti proprii irregolari, il disciogliersi delle macchie ed il formarsi di nuove talvolta in mezzo al disco solare e sotto gli occhi dell'osservatore. Insomma lo stesso Scheiner, convinto dalle sue osservazioni continuate, e dalle ragioni contrarie, messe fuori dal Galilei, vide tosto la necessità di introdurre un cambiamento nei concetti tradizionali filosofici sulla immutabilità dei corpi celesti (oltrelunari); appoggiandosi anche sull'autorità del suo confratello Clavius, il quale nell'ultima edizione delle sue opere a cagione di queste

Digitized by Google

inusitate notizie di fenomeni non nuovi, esortò gli astronomi a provvedersi di un nuovo sistema.(1) Nell'opera principale poi (R. U., 604) lo Scheiner mantiene senza veruna esitazione, che le macchie sono inerenti alla superficie solare e provano la rotazione del Sole; anzi egli è stato il primo a determinare con esatezza straordinaria i varii elementi di questa rotazione.

277. — **Galilei**, mostrandosi più libero ed indipendente (altri direbbero più audace) nel modo di filosofare,(2) volle da principio provare con argomenti positivi l'inerenza delle macchie, almeno negli strati superficiali vaporosi del Sole; confutando allo stesso tempo efficacemente le obiezioni degli avversari. Tutte le apparenze, dice egli nella seconda lettera al Welser (14 agosto 1612), rispondono concordemente a questa ipotesi, ma potrebbero anche spiegarsi col rivolgimento del solo ambiente (dell'atmosfera solare), quantunque una cosa tale sia improbabile per parecchie ragioni. Premettendo poi nella terza lettera (1 dicembre 1612), che l'opinione degli antichi filosofi, secondo la quale il Sole era da considerarsi come un corpo duro ed immutabile, non abbia nessun fondamento nelle osservazioni (l. c. V, 201), egli aggiunge un nuovo argomento che rende la sua tesi assai probabile. Oltre le macchie nere si osservarono sul disco solare macchie bianche (*piazzette più chiare del resto*), le quali mostrano lo stesso spostamento giornaliero come le macchie oscure; ora, dice Galilei, non è in verun modo credibile, che si trovi fuori del Sole sostanza alcuna più di lui risplendente, dunque queste macchie bianche trovansi insieme con quelle nere aderenti al Sole (l. c. V, 219). Il P. Scheiner accettò questo argomento e lo cita distesamente nella Rosa Ursina (419), aggiungendo però nuova forza al medesimo col dire, che le macchie nella lunga serie

(1) « Audiendus mathematicorum nuper aevi choragus, Cristophorus Clavius, qui in ultima suorum operum editione monet Astronomos, ut sibi, propter haec tum nova et hactenus invisa phaenomena, antiquissima autem re sine dubio, de alio coelorum systemate provideant ». Appelles 25 jul. 1612. Cfr. *Op. Gal.* (ed. naz.), V, 69.

(2) Voglio sperar (scrive egli in fine della sua I lettera del 4 maggio al Welser), che queste novità mi abbiano mirabilmente a servire per accordar qualche canna di questo grande organo discordato della nostra filosofia. (*Op. Gal.* ed. naz. V, 113).

Digitized by Google

delle sue osservazioni non si sono vedute mai fuori del disco solare, che dovrebbe essere il caso, almeno di quelle più luminose del Sole, se queste avessero una distanza sensibile dal corpo solare, già più oscuro verso i contorni del disco apparente, che nel mezzo. Per quelle « *piazzette bianche* » egli adottò di poi il nome di *Facole*, che è rimasto fino ad oggi, e delle quali si tratterà più sotto.

278. — La **durata della rotazione** del Sole intorno ad un asse proprio poteva ora stabilirsi. Galilei, il quale era di opinione che tutte le macchie traversassero il disco in tempi eguali, cioè in giorni 14 e mezzo (l. c. V, 218), ne asserì implicitamente una rotazione in 29 giorni, ossia in un mese lunare incirca (l. c. V, 117). Scheiner invece mantenne i rivolgimenti disuguali delle varie macchie, deducendo poi da una lunga serie di osservazioni accurate per la rotazione solare un valore medio di 27 giorni. Difatti dobbiamo distinguere la rotazione siderea (ritorno d'una macchia alla congiunzione colle medesima stella) e la rotazione sinodica (ritorno alla congiunzione col centro della Terra, ossia ritorno della medesima macchia al meridiano centrale del Sole). Galilei come Scheiner parlano apparentemente della seconda, (1)

(1) Queste e simili divergenze dal vero mostrano ad evidenza, quanto era scarso il materiale delle osservazioni di Galilei fino al 1613; altrimenti non avrebbe potuto asserire che le macchie si movessero tutte in linee rette attraverso il disco solare, che queste linee non facessero nessun angolo coll'eclittica, ecc., astenendosi però prudentemente dall'assegnare gli elementi della rotazione del Sole, stabilite poi con tanta esattezza dal P. Scheiner. Sappiamo poi dalle dichiarazioni di Galilei stesso (*Dialogo. Op. Gal.* ed. naz. VII, 21), che da quel tempo « per alcuni anni non fece più osservazioni continuate, ma soltanto alla spezzata, per compiacere a qualche amico ». Tanto più è da stupire che ciononostante egli si ascriva enfaticamente la scoperta di tutte le novità celesti (ivi, 27) lagnandosi che altri, costretti e convinti dalle sue ragioni, abbiano cercato spogliarlo di quella gloria che era pur sua, dissimulando di aver veduto gli scritti suoi, tentando di farsi primieri inventori di maraviglie così stupende. Cfr. *Saggiatore*, 1623. *Op. Gal.* (ed. naz.) VI, 214. Questa sfida non poteva essere diretta ad altri che allo Scheiner, il quale poi rispose alla medesima nel I libro della sua *Rosa*. Quante inesattezze siano state scritte sopra questa famosa controversia, può vedersi nella citata Memoria (n. 267) del P. Carrara; il merito dello Scheiner è stato messo di nuovo in rilievo dal P. Schreiber S. J. nel periodico scientifico *Natur und Offenbarung* (Münster, 1902, Bd. 48).

Digitized by Google

la quale secondo le osservazioni più recenti è di giorni $26,_{85024}$; la siderale invece di giorni $25,_{46}$.

Il **senso della rotazione** è identico con quello della traslazione dei pianeti, che girano intorno al Sole; donde potrebbe credersi che esistesse un nesso tra l'una e l'altra, come volle già Keplero dicendo, molto prima della scoperta delle macchie, cioè nel 1606, che il Sole, girando intorno ad un asse proprio, conduceva in giro i pianeti. Il P. Scheiner invece mette come verità stabilita, che una tale forza movente giratoria non esiste nel Sole, e per conferma di ciò allega la sproporzione che esiste tra il periodo della rotazione solare e quello della traslazione dei pianeti. (1) A noi basta per ora constatare, che le macchie, col loro spostamento diurno, si trasportano nell'emisferio a noi visibile da est verso ovest (n. 274).

279. — Osservando dunque nei modi descritti le traiettorie delle macchie, si vede che solamente due volte all'anno, cioè nei mesi di dicembre e giugno, le dette traiettorie sono linee rette (Fig. 86), diversamente inclinate all'eclittica, colla quale fanno un angolo di circa 7°; (2) ciò prova che la **inclinazione dell'asse** di rotazione è appunto di 7°. Due volte, cioè nei mesi di marzo e settembre, l'asse sta perpendicolare all'eclittica, ed allora le traiettorie delle macchie sono ellissi, coll'asse maggiore parallelo all'eclittica, la convessità della curva essendo voltata prima verso il polo nord N, poi verso il polo sud S; negli altri mesi l'asse è meno inclinato e le traiettorie sono meno curvate. Tutti questi cambiamenti apparenti non sono altro che l'effetto di variazione di prospettiva, dovuta allo spostamento annuo della Terra intorno al Sole, l'asse del quale ritiene costantemente la stessa direzione nello spazio (cfr. I, n. 388). Quando le traiettorie delle macchie appariscono come linee rette, egli è segno che la Terra

(1) Rosa Urs. 604. Infatti, secondo le speculazioni teoriche di Keplero, questa rotazione avrebbe dovuto compiersi in 3 giorni. Cfr. KEPL. *Op. omn.* (ed. Frisch), II, 780; III, 496, nota 8.

(2) L'angolo nella figura è un po' esagerato, per far meglio risaltare la differenza. Secondo lo Scheiner l'angolo era un poco più grande di 7° (Rosa Urs. 554 seg.). Recenti determinazioni di Carrington e Spoerer dànno rispettivamente i valori di 7° 15′ e 6° 57′, che indicano un valore medio di 7° 6′. Similmente la longitudine dei nodi fu determinata dallo Scheiner in un modo che non lascia niente a desiderare.

Digitized by Google

trovasi nel piano dell'equatore solare; per conseguenza la **linea dei nodi** dell'equatore solare, passa dalla longitudine di 74° 30′ a quella di 254° 30′, alla quale la Terra si trova nei giorni 4 giugno e 6 dicembre; le posizioni di marzo e settembre, quando le ellissi mostrano la massima apertura, corrispondono alle longitudini 164° 30′ e 344° 30′.

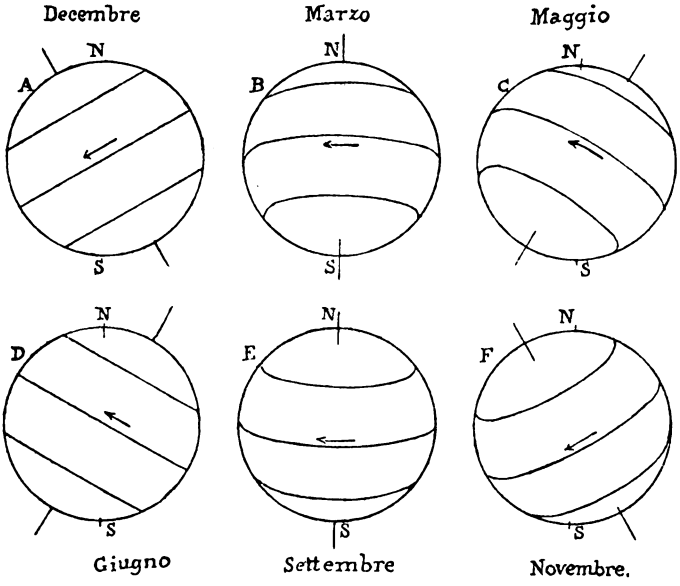


Fig. 86. Varii aspetti dei paralleli del Sole.

280. — Conoscendo tutti gli elementi precedenti si determinano facilmente le relazioni delle posizioni apparenti delle macchie rispetto alle coordinate equatoriali della sfera celeste; e viceversa, conoscendo queste ultime, si ricavano le **coordinate eliografiche** di un punto qualunque della superficie solare. Per facilitare quest'operazione il P. Secchi ha inserito nell'opera *Le Soleil* (I, 22) una tavola, la quale somministra per ogni giorno dell'anno il valore (medio) dell'angolo, che l'equatore solare fa coll'equatore della sfera celeste. Alla tavola è aggiunta una figura la quale mostra anche graficamente la relativa posizione dei due equatori. Siccome questi mezzi ser-

Digitized by Google

vono piuttosto per la pratica esecuzione dei disegni e delle riduzioni da farsi, [1] noi li omettiamo per amore di brevità.

281. — Come saggio delle cose esposte fin qui, riprodu-

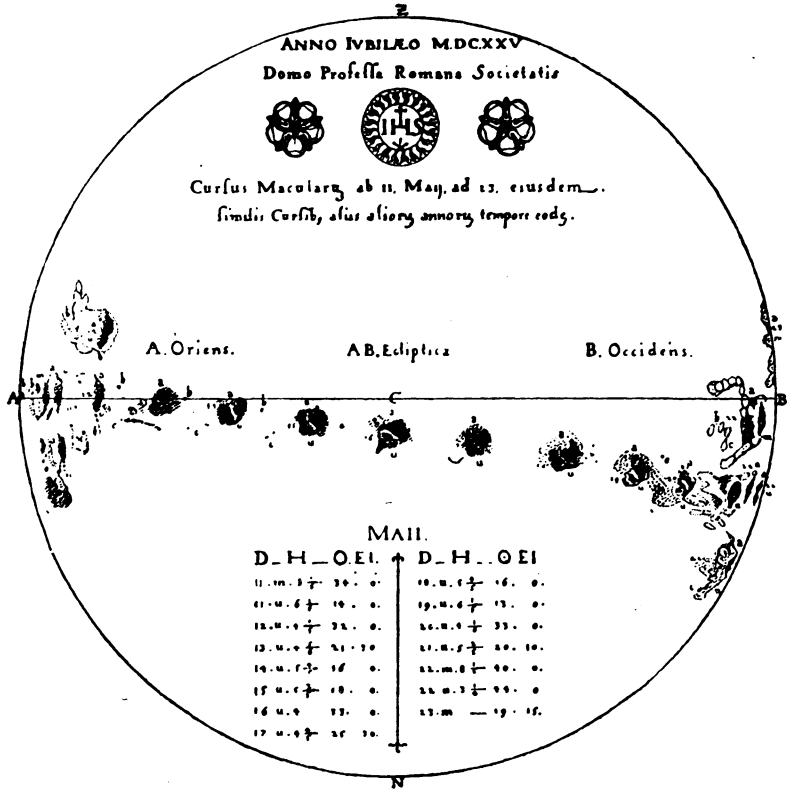


Fig. 87. Andamento di un gruppo di macchie, osservate in Roma dal P. Scheiner nel maggio 1625.

ciamo qui (Fig. 87), in dimensioni ridotte, uno dei **disegni della Rosa Ursina** (pag. 211), il quale mostra l'andamento

(1) Alla fine del volume citato (I, p. 419) si trovano anche delle formole per determinare le posizioni eliografiche delle macchie, cioè la latitudine e longitudine delle medesime, relativamente all'equatore e ad un meridiano iniziale del Sole. Nelle riduzioni delle osservazioni di Greenwich si usa come *iniziale* il meridiano che passò al nodo ascen-

Digitized by Google

apparente di un gruppo di macchie, osservate in Roma dal giorno 11 al 23 di maggio 1625.

Il diametro A B indica la posizione dell'eclittica.

I numeri 11, 12, 13 ecc. notano i giorni successivi, le lettere *a*, *b*, *c* le varie parti dei singoli gruppi, i quali nei primi ed ultimi giorni si mostrarono più numerosi. Le lettere *m* *mane*) ed *u* (*vespere*) indicano, se l'osservazione sia stata fatta la mattina, ovvero la sera; le ore rispettive sono registrate di sotto insieme coll'altezza (*elevazione* = ⊕ *El.*) del Sole sopra l'orizzonte.

Art. V. — Studi particolari della superficie solare (granulazione, facole).

282. — *Solis superficies leniter crispa*, dice il P. Scheiner (R. U. 604), cioè la superficie del Sole, anche nel tempo, quando non si vede nessuna macchia, non presenta una superficie uniformemente luminosa, ma increspata da una quantità grandissima di piccoli grani lucidi di forma svariatissima. Per farsi un'idea dell'apparenza si dispongano sopra un tavolino una quantità di *grani di riso*, tutti in contatto vicendevole; l'apparenza di questi grani, che riflettono la luce più spiccatamente che la rete degli intervalli relativamente oscuri, ricorda in qualche modo quello che si osserva sulla superficie solare. Il fenomeno descritto venne chiamato semplicemente **la Granulazione** del Sole (Fig. 88). La forma predominante di questi cosidetti g r a n i è quella di globuli più o meno allungati,[1] il diametro o l'asse maggiore dei quali varia tra 0″,3 e 4″,0;

dente a mezzogiorno medio il 1° gennaio 1854, assumendo come periodo di una rivoluzione siderale giorni 25,38.

Più spedito per le molte riduzioni da farsi sarà il m e t o d o g r a f i c o. Coprendo cioè l'imagine del Sole con una rete di coordinate, disegnate in proiezione ortografica ben orientata. Pochi disegni di tali proiezioni (I, n. 68) basteranno per le riduzioni ordinarie, potendosi tra l'una e l' altra interpolare con sufficiente esattezza i valori intermedii.

(1) Alcuni autori li paragonano alle *foglie di salice*, altri alle nubi terrestri, comunemente chiamate pecorelle. Per vedere bene il fenomeno ci vogliono una camera perfettamente oscura, un buon telescopio, che permetta considerevoli ingrandimenti, ed un cielo sereno con aria tranquilla.

Digitized by Google

cioè in realtà uno di questi cumuli luminosi potrebbe coprire tutta l'isola di Sicilia, anzi l'intera Europa. Tutta questa massa di grandiose elevazioni dà alla superficie lucente del Sole, alla cosidetta **Fotosfera**, l'apparenza di un mare gigantesco (*instar maris fluctuantis*, R. U. 604), le onde del quale si trovino in continua agitazione. Sarebbe perciò impossibile di rappresentare fedelmente l'aspetto momentaneo della granulazione per mezzo di un disegno; soltanto

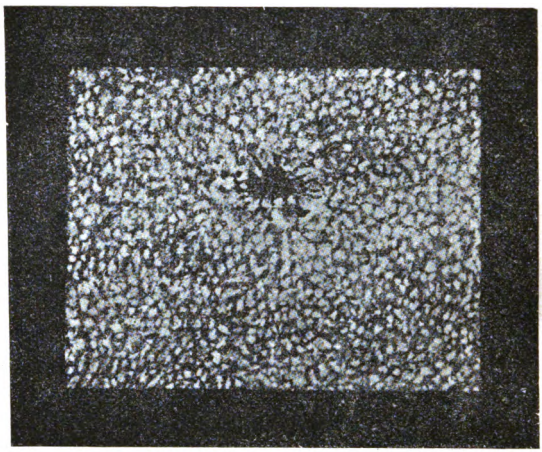


Fig. 88. La granulazione del Sole con un poro.

la fotografia istantanea è capace di fissare sulla lastra la disposizione di questi *grani fotosferici*; ripetute riproduzioni, anche ad intervalli abbastanza brevi, mostrano e provano ad evidenza il continuo cambiamento della superficie visibile del Sole.

283. — Talvolta si vedono in mezzo alla granulazione degli spazii luminosissimi, i quali superando in luminosità tutto il resto della superficie solare potrebbero chiamarsi macchie luminose. Galilei sembra essere stato il primo, che abbia diretta l'attenzione degli osservatori sopra queste *piazzette più chiare* (n. 277), le quali ricevettero poi dal P. Scheiner il nome generico, rimasto fin oggi, di **Facole** (R. U. 163). Esse in fatto più frequentemente rappresentano la forma di getti

Digitized by Google

allungati di luce, diramanti da uno stesso centro, come le fiamme di una fiaccola ardente. Le più minute sono appena discernibili dai grani fotosferici, altre sono più estese, ma con ramificazioni arrotondate, altre invece sembrano veri getti di fuoco. La ragione, perchè esse sono meglio visibili vicino al lembo solare, che verso il centro, si è che il Sole stesso apparisce agli orli più oscuro; quindi il contrasto di luce ivi è maggiore. Le grandi macchie (Fig. 89) sono ordinariamente circondate da vive facole, ed allora l'aspetto della macchia, già descritto dal P. Scheiner nelle sue lettere al Welser, è quello di una massa di peli conglobati, tenuti davanti ad una grande fiaccola.[1]

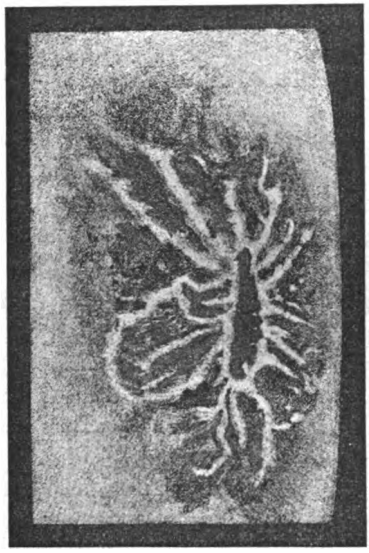


Fig. 89. Macchia solare circondata da facole.

284. — Le **cose più notevoli**, già notate dallo Scheiner, relativamente alle facole sono le seguenti: 1) Vi è una relazione reciproca tra le macchie e le facole; queste non solamente si trovano ordinariamente in vicinanza di quelle, ma vi sembra aver luogo talvolta una trasformazione reciproca delle une e delle altre (R. U. 230 sg.). 2) Le facole seguono le stesse leggi di movimento come le macchie

(1) Rimane un poco incerto se l'autore abbia con ciò voluto fare una diretta allusione alle *facole* del Sole, come non pochi credono. In questo caso, come viene comunemente ammesso, anche la priorità della scoperta (pubblicata) delle facole sarebbe dovuta al professore di Ingolstadt. Altrove egli nota sul perimetro d'una macchia: *floccis tenuissimis creberrimis undique asperatus albuit* (*Op. Gal.* ed. naz. V, 53), le quali parole però più probabilmente si riferiscono alla *penombra* delle macchie. Del resto il fenomeno è così cospicuo, che coi metodi di osservazione, adoperati dallo Scheiner, era quasi impossibile il non accorgersene. (Cfr. v. BRAUNMÜHL, l. c. 14).

*

Digitized by Google

(ivi, 178, 190, 308, ecc.). 3) Il loro splendore ammette molte variazioni (156), come pure la loro estensione arriva talvolta a coprire la quarta parte del diametro solare (206). 4) Esse si vedono alle volte in mezzo alle macchie, spaccandole apparentemente, ovvero scavalcandole a foggia di ponti luminosi (296, 306, 319).[1] 5) Le facole che trovansi in vicinanza delle macchie sogliono piuttosto seguire il moto di queste che precederlo (248, 260, 268, 292); cioè le facole si vedono più spesso dal lato delle macchie voltato verso est, che da quello verso ovest (192). 6) Le facole non sono (come le macchie) confinate a certe zone eliografiche, ma si osservano del tutto indipendenti dalle macchie nelle latitudini più remote dall'equatore (234, 304). 7) Le facole hanno anche questo di particolare, che vicino al lembo solare talora conservano un'estensione apparente (187), come se non fossero vedute in iscorcio come le macchie; questo però non è sempre il caso (204, 264). 8) Le facole si vedono alle volte in gran numero, fino a trenta e più (226), sparse per tutta la superficie del Sole. 9) La luce delle facole ordinariamente è una luce bianca vivissima; si vedono però anche facole colorate, di color giallo, roseo, ecc. specialmente tra le macchie (192).[2]

285. — A queste verità accertate, senza l'aiuto dei mezzi moderni (fotografia e spettroscopia) le osservazioni recenti hanno potuto aggiungere ben poco. Combinando però i due mezzi accennati, l'astronomo americano, sig. Hale (dell'Osservatorio di Kenwood, Chicago), è riuscito a rendere visibili in un modo straordinario tutte le facole esistenti sul disco solare, per mezzo d'un apparato speciale chiamato **Spettroelio-**

(1) *Macula alias aterrima semper, instar talpae mortuae, sub medio tamen Sole veluti rarior et luce passim conspersa apparuit, idque per totum suum corpus*, si legge già nella lettera al Welser del 25 luglio 1612. (*Op. Gal.* ed. naz. V, 50).

(2) Questa semplice enumerazione mostra, quante verità l'autore della *Rosa Ursina* sapeva trarre dalle sue osservazioni sistematiche. Le citazioni sono poi facilitate dall' indice eccellente alfabetico che accompagna l'opera laudata, il quale non indica soltanto la pagina e la colonna, ma perfino la riga, nella quale si tratta d'un soggetto determinato. In quanto alla numerazione delle pagine ecc. la correzione da farsi (*Erratorum orrectio*) è indicata alla fine dell'opera.

Digitized by Google

grafo, il quale differisce dallo spettroscopio ordinario in ciò, che davanti all'oculare, ossia alla lastra fotografica, vi è una seconda fenditura, la forma della quale è del tutto simile ad una linea sola dello spettro, per esempio del *calcium*.[1] I vapori di questa sostanza abbondano nelle facole solari, anzi la linea rispettiva che nel resto della superficie solare è oscura (di assorbimento, n. 46), ivi diventa brillante. Mettendo ora questa linea in coincidenza colla seconda fenditura, la lastra fotografica sarà esposta alla sola luce della medesima. Se l'estensione della facola occupa soltanto una parte della riga rispettiva, questa parte sola farà impressione sulla lastra fotografica; facendo poi passare la fenditura principale successivamente sul disco solare, e comunicando (per mezzo d'un orologio) lo stesso movimento alla seconda fessura, le linee successivamente fotografate formeranno un'imagine continua del disco solare, sul quale si vedono chiaramente riprodotte tutte le facole, o meglio le formazioni della superficie, nelle quali si trova il *calcium* in forma incandescente.[2] Queste fotografie mostrano, come tutta la superficie del Sole è ricoperta di piccoli fiocchi (*flocculi*), i quali nella vicinanza delle facole formano vere nubi gigantesche di calcio incandescente. Con questo prezioso mezzo potremo dedurre conclusioni importanti sulla costituzione solare. Prima però dobbiamo esaminare più minutamente le macchie solari.

Art. VI. — Descrizione delle macchie solari.

286. — Negli articoli precedenti ci siamo contentati di dare un concetto vago e generico delle macchie solari, considerandole come punti oscuri, più o meno estesi, in mezzo alla superficie

(1) La figura dell'imagine della fenditura principale per le molteplici riflessioni e rifrazioni prende ordinariamente negli spettri di grande dispersione una forma un po' curvata.

(2) Una descrizione più particolareggiata dello spettroeliografo fatta dallo stesso inventore trovasi nelle memorie della Società degli Spettroscopisti italiani (vol. XXI, anno 1892, p. 68): *Solar photography at the Kenwod Astro-physical Observatory*. È però da notarsi, che un apparato simile circa un decennio prima fu ideato e minutamente descritto dal P. C. Braun S. J. (Cfr. *Astr. Nachr.* n. 1899, *Berichte des Haynald Observatorium zu Kalocsa*. 1886, p. 160.

Digitized by Google

fotosferica del Sole. Ma le macchie come le facole sono di forma e grandezza svariatissima. Vi sono delle macchiette piccolissime (cf. Fig. 88, pag. 244), appena discernibili dalla rete oscura che forma gli interstizii della granulazione. Questi interstizi mostrano nodi più oscuri, i quali sembrano quasi i rudimenti delle macchie. Gli astronomi moderni li chiamano anche **macchie velate**; il P. Scheiner li nota col nome di macchie secondarie od ombre (R. U. 157, 534). Esse si trovano sparse per tutta la superficie solare a qualunque tempo, ma sono di poca durata (2 o 3 minuti); presso le macchie ordinarie servono generalmente di indizio, che queste vanno a sciogliersi. Talvolta questi nuclei oscuri tra la granulazione hanno la forma di un punto nero (« instar puncti maxime nigri ». R. U. 298) ben definito e rimarchevole. Tali punti vengono chiamati **pori**, poichè hanno l'apparenza di veri orifizii attraversanti la fotosfera. Come la macchie velate sono ordinariamente l'indizio della cessazione di una macchia propriamente detta, così i pori sogliono precedere la formazione d'una nuova. (Cfr. Secchi, *Le Soleil*, I, 50).

287. — Il fenomeno della formazione d'una macchia più grande suol annunziarsi con una grande agitazione nella fotosfera, che si manifesta mediante le vive facole, tra le quali si vedono nascere macchie velate coi detti pori, i quali però vengono e vanno; si spostano, si dilatano e si uniscono, formando così dei **nuclei più estesi** perfettamente oscuri. Uno o due di questi nuclei sogliono prendere il sopravvento sopra gli altri, formando delle figure arrotondate (Fig. 90), intorno alle quali si sviluppa in progresso del tempo la **penombra**, cioè una specie di aureola chiaroscura, la larghezza della quale in tutto il perimetro è più o meno uguale al diametro dell'ombra, ossia del **nucleo centrale** [1] del quale imita i contorni principali. La sua struttura è tutta radiata; i raggi più o meno concentrici ed irregolari, secondo l'espressione del P. Secchi (*Le Soleil*, I, 82), somigliano a correnti formate da piccole masse ovali, riunite pei loro capi. Queste correnti talvolta sono meno condensate, meno luminose e

(1) *Nucleum maculae voco propterea quod in medio ipsius plerumque oriatur.* (R. U. 497).

Digitized by Google

meno nettamente determinate all'esterno della penombra, là dove si staccano dalla fotosfera, mentre presso del nucleo esse s' incalzano, si condensano e diventano più brillanti, terminando con dei grani luminosi, che si proiettano sul fondo oscuro del nucleo.(1) Insomma, tutta l'apparenza della macchia in circostanze ordinarie è quella di una cavità oscura, sulla quale pende da tutte le parti una cosa semitrasparente a foggia di cespugli sopra una caverna. Vi sono però anche

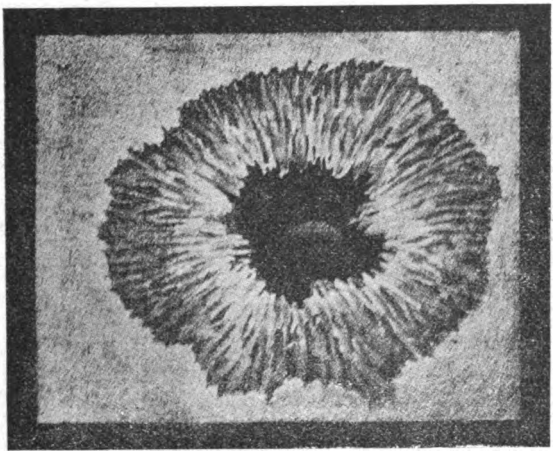


Fig. 90. Macchia osservata dal P. Secchi 20 aprile 1866.

macchie ben visibili ed abbastanza estese (come nota già il P. Scheiner, l. c.), le quali attraversando il disco solare, rimangono s e n z a n u c l e o; altre appariscono al lembo orientale già ben sviluppate (*con nucleo e penombra*), per fare la stessa traversata, senza alterazione notevole. Se la macchia scompare in mezzo al disco, il nucleo suol essere la parte che prima annunzia questa scomparsa.

288. — Sulla **luminosità dei nuclei** delle macchie i primi scopritori pronunziarono già idee molto giuste. Benchè il co-

(1) Secondo lo Scheiner però il caso contrario sarebbe l'ordinario: *Hoc circumiectum nucleo amiculum* (la penombra) *ad margines quasi semper est minus obscurum, versus nucleum fere minus clarum.* (R. U. 496). Nella figura 90 il detto contrasto sembra un poco esagerato.

Digitized by Google

lorito spesse volte sembri avvicinarsi ad oscurità assoluta, ossia ad un nero perfetto (*prae nigrore quodammodo nitere videantur*. R. U. 497), questo nondimeno è un mero effetto del contrasto colla luce vicina. Anzi Galilei asseriva nella sua prima lettera al Welser (*Op.* ed. naz. V, 97), che le macchie vedute nel Sole sono non solamente meno oscure delle macchie tenebrose, osservate nella Luna, ma che le macchie solari sono non meno lucide delle più luminose parti della Luna. E per conferma di questa asserzione adduce che la Luna splendida (della stessa luce del plenilunio), collocata accanto al Sole, resterebbe invisibile, a cagione del campo splendente sul quale si getterebbe. Le macchie solari invece, confrontate col fondo del cielo vicino, non appariscono più oscure di questo. Che ciò valga poi per gli stessi nuclei, e non della sola penombra, l'abbiamo sperimentato noi stessi, proiettando l'imagine di una macchia molto ingrandita sopra un cartello e collocando l'occhio dietro un forellino del medesimo, mentre la proiezione della parte più oscura del nucleo cadeva sul medesimo. La luce intensa d'un colore azzurro-violetto, che penetrò nell'occhio, era appena sostenibile. La tinta però non è sempre la stessa, ed oltre la diversità di questa, si notano molte gradazioni nell'intensità della luce.

Fig. 91. Macchia vorticosa.

289. — La figura delle singole macchie ed il **raggruppamento** di parecchie in un gruppo solo è svariatissimo per due ragioni: *primo*, per effetto di prospettiva, per la quale

Digitized by Google

anche le macchie grandi, vicine al lembo solare, da noi vedute in iscorcio, appariscono come linee abbastanza sottili; *secondo*, per il continuo cambiamento, al quale le macchie stesse sono talmente soggette, che molte volte è impossibile riconoscere l'identità di una medesima macchia, anche dopo breve tempo, dalla sola figura che rappresenta. Rare volte si riconosce in esse un moto giratorio, come vedesi nella figura 91, già pubblicata dal P. Secchi nel suo *Quadro fisico* del sistema solare.

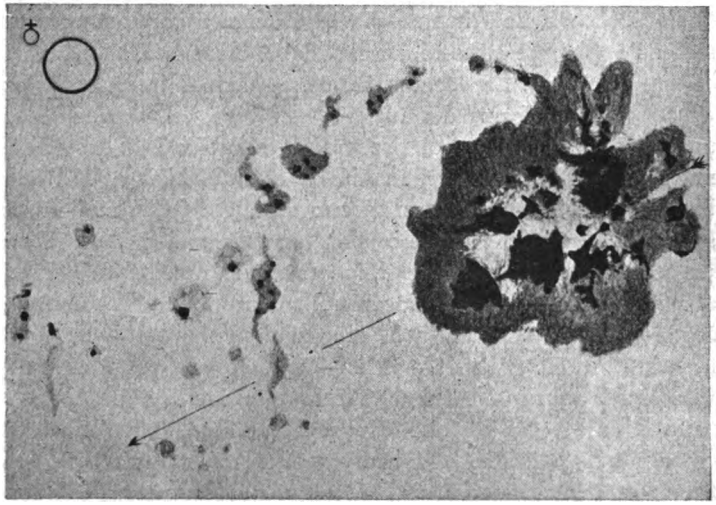


Fig. 92. Grande macchia solare osservata dall'autore.

Questa macchia fu disegnata simultaneamente al Collegio Romano e all'osservatorio di Cristiania, il 5 maggio 1854, ed il fatto che quasi tutti gli autori la riproducono, prova abbastanza la rarità di questo tipo. In essa la stessa materia oscura del nucleo sembra trascinata dalla forza centrifuga al lembo estremo della penombra stessa. Tali movimenti eccezionali sono ordinariamente un segno che la macchia sta per sciogliersi (*Le Soleil*, I, 88).

290. — Un bell'esempio di un gruppo grandioso di macchie, visibile sul disco del Sole dal 19 luglio al 1° agosto 1883, osservammo noi stessi all' Osservatorio di Kalocsa. Ci rincresce di non potere qui riprodurre tutti i disegni in-

Digitized by Google

granditi, fatti da un giorno all'altro. Riproduciamo soltanto quello del 27 luglio (Fig. 92), quando lo sviluppo dei vari nuclei pareva arrivato al suo massimo, dopochè il gruppo (visibilissimo anche ad occhio nudo), due giorni prima aveva passato il meridiano centrale del disco solare. Il diametro maggiore della penombra misurava circa due minuti di arco, cioè circa sette diametri terrestri, ossia più o meno 85 000 chilometri, mentre tutto il gruppo, coll'appendice di macchiette sparse, aveva più del doppio in estensione. Da cio è facile di farsi un'idea delle dimensioni delle singole parti. La freccia indica l'apparente moto diurno, ossia la direzione del parallelo celeste (n. 274). La veemenza delle agitazioni interne si riconosce già nella forma dei nuclei e nel giro delle macchie minuscole, che formavano i precursori immediati della grande macchia. Molto più si fece manifesta quest'agitazione dai cambiamenti del gruppo da un giorno all'altro. Quasi mai ho osservato la superficie solare così agitata: la grande macchia era preceduta da altri sei gruppi, in grandezza non molto inferiori al nostro. Tutte queste macchie si trovarono nell'emisfero australe del Sole ed (una sola eccettuata della lat. — 24°) tra la latitudine eliografica — 7° e — 15°, sparse quasi ad intervalli uguali sopra un'estensione in longitudine di 160°, cosicchè tutto il corteo era visibile allo stesso tempo. Vive facole di color rosso-giallastro vedevansi tra i nuclei principali. Il confronto con altri disegni, fatti allo stesso osservatorio e la loro discussione[1] mostrano, che la detta macchia aveva già fatto due volte il giro del Sole, passando al meridiano centrale nei giorni 1° giugno, 28 giugno, 25 luglio; anzi nel giorno 15 gennaio una grande macchia spiccava in mezzo al Sole precisamente nella stessa posizione eliografica.

291. — La durata delle macchie solari rare volte oltrepassa il limite di due intere rivoluzioni (sinodiche), ossia l'intervallo di due mesi (R. U. 592). In un caso però, osservato negli anni 1840 e 1841, una macchia rimase visibile per 18 mesi! Vi sono macchie che durano appena pochi

(1) Cfr. C. BRAUN, *Berichte*, ecc. (n. 285, nota), pag. 98 sgg. e tav. XIII. — Mentre si stampano queste righe (marzo 1905), due gruppi simili di macchie, di un'estensione straordinaria, visibili ad occhio nudo, attraversano il Sole.

Digitized by Google

giorni, altre poche ore. Siccome poi spesse volte, in luogo di una macchia scomparsa, nasce tosto una nuova nella medesima posizione eliografica, e siccome questo può accadere tanto nella parte avversa del Sole, quanto nella parte voltata verso la Terra, l'identità (nel senso stretto della parola) talvolta rimane un poco dubbia. Col P. Scheiner possiamo distinguere pressochè tre periodi nella durata d'una medesima macchia, quello dello sviluppo graduale, della forma perfetta e della dissoluzione (R. U. 592). Le macchie che impiegano poco tempo a svilupparsi, ordinariamente si sciolgono anche ben presto, e viceversa; dando con ciò, come ben nota lo stesso autore, un buon criterio dell'identità. Se per es. una macchia, di lunga durata, scomparisce nello stadio di sviluppo al lembo occidentale, e si vede poi ricomparire nella stessa posizione una simile nello stadio di lenta dissoluzione, l'identità è abbastanza accertata (R. U. 206).

292. — Oltre il moto apparente diurno, in conseguenza della rotazione del Sole intorno ad un asse proprio, le macchie solari in moltissimi casi mostrano un **moto proprio**, cioè cambiano la loro posizione eliografica, cosa constatata dal medesimo Scheiner (R. U. 477), il quale distingue gli spostamenti in longitudine da quelli in latitudine. Il fatto si rende già ben visibile collo spostamento relativo di due macchie vicine.[1] Il nostro assiduo osservatore notò pure che di due macchie che trovansi sullo stesso parallelo, ordinariamente quella che precede cammina più presto (R. U. 286). Egli notò inoltre che per un giro completo, cioè per ritornare col Sole girante al meridiano centrale, alcune impiegavano 25 giorni, altre invece 27, altre 28. Ciò spiega la difficoltà, rimasta fino ai tempi nostri, di determinare con esattezza la durata della rotazione del Sole stesso (n. 278); anzi da studi recentissimi di Carrington e Spörer risultò il fatto curioso d'una certa accelerazione crescente della rotazione delle regioni superficiali solari colla crescente latitudine, come segue: a 0° esse compiono una rivoluzione siderale in 24,9 giorni;

(1) Basta consultare nell'indice della *Rosa Ursina* il titolo: *Cursus macularum* (*non paralleli; se mutuo secantes; inaequales in eodem parallelo*, ecc.).

Digitized by Google

a 5° in 25; a 10° in 25,2; a 15° in 25,5; a 20° in 25,8; a 25° in 26,1; a 30° in 26,4; a 35° in 26,8 giorni.(1)

293. — La regione solare, nella quale si osservano le macchie principali, si estende dai due lati dell'equatore solare verso i poli fino alla latitudine di 30°. Benchè questo limite non sia tanto preciso, che qualche macchia non venga osservata talvolta in latitudini più alte, esso nondimeno, come risulta da moltissime osservazioni (R. U. 568), deve considerarsi come il limite or-

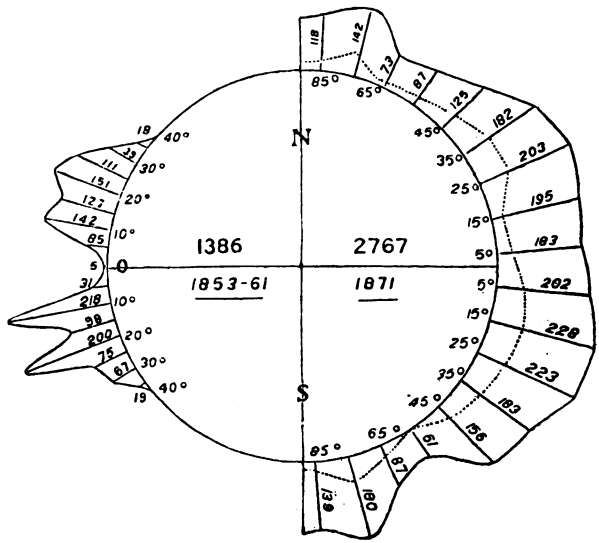


Fig. 93.

dinario. Macchie secondarie (velate n. 286) trovansi alle volte anche nelle latitudini più alte. Il P. Scheiner chiamò quella zona equatoriale (tra + 30° e — 30° di latitudine elio-

(1) L'astronomo Dunèr (Upsala) applicando il *principio di Doppler* (n. 67), riuscì a constatare una simile accelerazione per le latitudini più alte (nelle quali le macchie non appariscono), trovando per la latitudine di 45°, giorni 30,02; per quella di 60°, giorni 33,90; per quella di 75°, giorni 38,45. Wilsing, invece, dell'osservatorio di Potsdam, esaminando una serie di fotografie dell'anno 1884, dalle *facole* (rotanti) dedusse l'interessante risultato che le zone solari, alle quali appartengono, girano dappertutto colla medesima velocità angolare media giornaliera di 14°,2698, alla quale risponde la rotazione media di 25^d,2281, ossia di giorni 25, ore 5,47. (*Astr. Nachr.* 2852).

Digitized by Google

grafica) la *zona regia* (*via macularum regia*), e la descrive come ordinariamente tempestata da gran copia di vive facole e di macchie, di ogni forma e dimensione. Astronomi più recenti (Cassini, Lalande, Herschel, ecc.), non hanno potuto far altro che confermare questo risultato. Il P. Secchi propone una suddivisione della detta regione per mezzo d'una zona strettamente equatoriale, tra le latitudini + 10° e — 10°, nella quale le macchie occorrono in minor copia e con minore frequenza, dando il nome di **zone regie** alle due zone rimanenti (nei due emisferi) tra le latitudini 10° e 30°. La figura 93 fa vedere a colpo d'occhio la varia distribuzione e frequenza delle macchie e facole del Sole, dedotte dai periodi indicati di osservazione.(1)

Art. VII. — Varie opinioni sulla natura delle macchie solari.

294. — Fin dai primi tempi, dopo la scoperta delle macchie solari, lo studio dei dotti si rivolse alla soluzione del problema sulla natura di quelle apparenze. Quelli che secondavano la scuola antica filosofica, secondo la quale il Sole, come corpo celeste, non poteva essere soggetto a mutabilità, molto meno a corruzione, sostenevano (finchè l'evidenza delle osservazioni non li costrinse a confessare il contrario) che le macchie erano **astri oscuri**, che circolavano intorno al Sole. Il fatto, che era impossibile di vederli accanto al medesimo, si spiegava o colla distanza minima, che avevano questi astri dal Sole, ovvero col dire che i raggi solari li coprivano col loro splendore. Questa opinione fu da principio difesa dallo stesso P. Scheiner nelle sue lettere al Welser, e combattuta con buone ragioni da Galileo Galilei (n. 267). Non c'è dubbio che l'apparenza stessa,

(1) I numeri a sinistra rappresentano macchie osservate nelle rispettive latitudini eliografiche, che sommate insieme erano 1386; a destra è indicata similmente la distribuzione delle 2767 protuberanze. Le linecte radiali sono proporzionali a quei numeri, di modo che le curve, condotte per le loro estremità, esprimono la frequenza relativa dei due fenomeni. Le 1386 macchie sono registrate dai risultati del Carrington dal 1853 al 1861; le 2767 protuberanze secondo le osservazioni del Secchi, fatte nel 1871. La linea punteggiata rappresenta la frequenza delle protuberanze maggiori. Cfr. Young, *The sun*. New York, 1881, 200.

Digitized by Google

la figura irregolare, il formarsi e disfarsi delle macchie in mezzo al disco, il loro ritorno irregolare, il loro spostamento capriccioso, ecc., non erano fenomeni favorevoli a quella ipotesi, la quale perciò fu presto abbandonata, almeno da quelli che avevano fatte delle osservazioni, e non giudicavano le cose soltanto teoricamente e quasi *a priori*.[1]

295. — Le nuvole dell'atmosfera terrestre sembravano l'unica cosa, alla quale in qualche modo potevano paragonarsi quelle apparenze della superficie solare. Galilei, infatti, fin dalla prima lettera mostra una certa predilezione per questo concetto di **nubi solari**, protestando però allo stesso tempo, non trattarsi di nugole della medesima sostanza delle nostre (costituite dai vapori acquei, sollevati dalla Terra ed attratti dal Sole). « Solo dico », così egli, « che noi non abbiamo cognizione di cosa alcuna che le rassomigli, siano poi vapori, o esalazioni, o nugole, o fumi prodotti dal corpo solare, o da quello attratti da altre bande, questo a me è incerto, potendo esser mille altre cose impercettibili da noi ».[2] Da questa esitanza di Galilei stesso si vede, quanto siano esagerati gli elogi che taluni vorrebbero attribuirgli per questo *grandioso concetto* sulla natura delle macchie, al quale gli scienziati per oltre a due secoli non abbiano potuto sostituire uno migliore. Galileo metteva queste *nubi* vicinissime sì al globo solare, ma pure staccate e sollevate sopra di esso,[3] credendo poter spiegare coll'illuminazione del loro orlo il fenomeno di diminuir molto la loro estensione presso gli orli solari. Nessuna insistenza si fa mai da lui sulla importante distinzione tra la penombra e il nucleo; senza dubbio perchè questa era una particolarità, in cui appunto le nubi nostre non rassomigliavano alle macchie. Questa cosa, studiata a fondo dallo

(1) Se il P. Scheiner non volle rompere subito colle venerande tradizioni dell' antichità, egli era nondimeno altrettanto disposto a trarre le legittime conseguenze dai fatti accertati, osservando però giustamente: *Nihil temere, nihil praecipitanter assertum, sed omnia praemeditata et matura in medium allata vellem* (R. U. 741).

(2) *Op. Gal.* (ed. naz.), V, 108.

(3) Vedi l. c. tav. VII, fig. 3. Compendiamo qui un articolo del P. Secchi sopra la nostra questione, pubblicato nel *Bull. Meteorol. del Coll. Rom.* 1874, p. 45.

Digitized by Google

Scheiner e dai posteriori astronomi, fu la causa principale dell'abbandono della teoria delle nubi. Insomma Galilei, dice il P. Secchi, non s'impegna mai a nessuna discussione sulla struttura intrinseca delle macchie. Come poi spiegare in questa teoria quello spezzamento dei nuclei per mezzo di linee nette e decise, chiamate ora *ponti*? (n. 284).

296. — Non ammessa la teoria delle nuvole, rimaneva quella propugnata di poi nella *Rosa Ursina* in moltissimi luoghi, che le macchie si trovano nella medesima superficie solare (*superficiei Solis insunt*, R. U. 419, 447, 457, 484, 485). Di più, dietro le sue diligenti osservazioni lo Scheiner afferma, che le macchie non sono mere cavità, ma qualche cosa di corporeo, parzialmente immerso nella superficie liquida del Sole (ivi, 510): una specie quindi di **materia opaca galleggiante**, con superficie più o meno emergente, di forma lenticolare o gibbosa (R. U. 513). Questa materia opaca non era però da considerarsi come materia compatta, a foggia di scorie galleggianti (come volle ai tempi nostri Zöllner ed altri); molto meno come appartenente a corpi duri e permanenti (di natura differente dalla solare), i quali s'immergessero nell'interno del mare focoso solare, per emergere dopo qualche tempo di nuovo.[1] Del tutto impossibile dichiara il nostro autore la teoria (nondimeno più tardi resuscitata dal Lalande) che le macchie siano cime di montagne oscure, emergenti di tempo in tempo dalla superficie fluttuante della fotosfera. Inventori di tali teoriche, dice egli, mostrano purtroppo che non hanno fatto osservazioni intorno a ciò che pretendono di spiegare (R. U. 746).

297. — Negando che le macchie possano considerarsi come mere cavità o buchi nella fotosfera liquida (o gassosa),[2] il P. Scheiner non vuole negare che le macchie, e specialmente i nuclei dei medesimi, occupino una certa profondità nella medesima, ed abbiano quindi una certa grossezza nel senso ver-

(1) Scheiner combatte direttamente l'opinione del minorita P. Raffaele Anversa, il quale aveva escogitata questa teoria, per salvare l'incorruttibilità del Sole (R. U. 743).

(2) *Non esse foveas, fissuras, lacunas aut hiatus in Sole obscuros* (R. U. 510).

Digitized by Google

ticale;[1] egli mantiene però che la materia della **penombra**, che circonda il nucleo da tutte le parti (Fig. 94), sia poco eminente dalla superficie ordinaria del Sole, e che il livello della sua curvatura superiore, come quello del nucleo, generalmente sia poco differente da quello della fotosfera. Mentre il nucleo della macchia assorbe quasi tutta la luce solare, la penombra, meno densa e più diafana, permette (almeno in parte) il passaggio ai raggi luminosi della fotosfera, come provano specialmente gli aspetti delle macchie vicine al lembo solare.[2] Per tutte queste asserzioni lo Scheiner appella semplicemente a quello, che si vede. « *Haec doctrina alia probatione non eget, quam usu oculi et ratione mentis* » (R. U. 513). Aggiungiamo una figura (94), la quale (a nostro parere) rappresenta una sezione verticale d'una macchia solare secondo la dottrina testè esposta; ancora oggidì questa teoria non è priva di interesse, non solamente storico, ma anche pratico, come vedremo.[3]

298. — Spiegata in questo modo la struttura delle macchie, supponiamo una macchia rotonda con nucleo centrale, la quale rimanga in sè invariata per tutto il tempo del suo passaggio apparente attraverso il disco solare. Egli è evidente, che nel centro del Sole, il nucleo veduto nella direzione della freccia M (Fig. 94) sembrerà circondato ugualmente dalla penombra per tutta la sua circonferenza, mentre vicino ai lembi orientali ed occidentali, dove la macchia viene guardata nella direzione di E o W, il nucleo, per la prospettiva cambiata, avrà un posto eccentrico, ora verso ovest, ora verso est.

L'astronomo scozzese Wilson, osservando nel 1769 le ac-

(1) *Evidenter habetur maculas esse corpora aliquo modo sensibiliter profunda... Nuclei sunt quodammodo figurae lenticularis... continenter densantur et rarefiunt... in visceribus macularum includuntur... Perimeter figuram superficialem terminans nec constans nec aequabilis, sed varius, asper, lacunosus... Quanta portio intra Solem mergatur, nescimus...*

(2) *Nuclei fulgori solari ne minimum quidem transitum concedunt, quemadmodum partes circumiectae* (R. U. 504). *Nuclei sunt densiores quam caligo circumstans, et haec densior quam Faculae* (506). *Massa nucleum ambiens luce perfusa ante nucleum in visum incurrit* (507).

(3) Le frecce indicano le varie direzioni del raggio visuale, secondochè la macchia si trova in mezzo al disco ovvero agli orli orientali ed occidentali, dove mostrano gli aspetti indicati (M, E, W).

Digitized by Google

cennate varietà di aspetto in una macchia ben regolare, ne trasse una conseguenza ben diversa dalle idee testè esposte, concludendo cioè che le macchie sieno **vere cavità** nella fotosfera, una specie di intaccatura a foggia di un tronco di cono ‾__/‾. Il fondo oscuro della medesima non sarebbe altro, che la superficie del globo solare oscuro (il cosidetto *nucleo*), mentre le pareti oblique dell'apertura imbutiforme fornirebbero l'apparenza della penombra. Questa teoria fu accettata da moltissimi astronomi come una specie di rivelazione, e quasi tutti gli autori posteriori, dimentichi delle

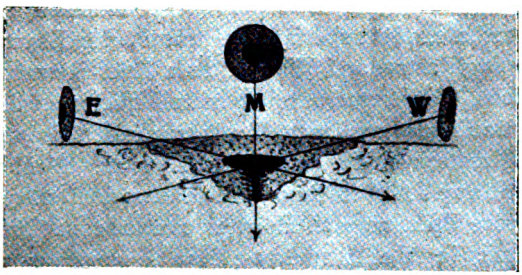


Fig. 94. Sezione verticale d'una macchia solare.

idee espresse nella Rosa Ursina, l'accettarono come pienamente comprovata dai fatti, astraendo però dalla supposizione d'un globo solare oscuro.

299. — Altri invece, come W. Herschel[1] e con lui (1801) molti amatori della pluralità dei mondi abitati, accettando la supposizione del **globo solare oscuro** (e quindi abitabile), per spiegare l'apparenza delle macchie, asserivano il Sole essere circondato da uno strato doppio nuvoloso o vaporoso, del quale l'esterno (la fotosfera) fornisse luce e calore, l'interno, frapposto tra la fotosfera ed il globo solido ed oscuro del Sole, proteggesse la superficie di questo dagli ardori eccessivi dello strato luminoso. Benchè questi due strati, distanti uno dall'altro fossero in sè coerenti e senza interruzione, nondimeno talvolta accadeva che l'uno o l'altro si rompesse in qualche

(1) *Philosophical Transactions*, Roy. Astr. Soc. 1801, p. 265.

Digitized by Google

punto. L'interruzione della sola fotosfera farebbe vedere lo strato inferiore nuvoloso (una macchia velata senza nucleo); se invece si aprisse allo stesso tempo anche lo strato inferiore, al di sotto della rottura del superiore, si vedrebbe in mezzo alla macchia (penombra) il fondo oscuro del Sole (il nucleo). Questa teoria, che oggi non sembra neppure avere più bisogno di una seria confutazione, trovò un mezzo secolo fa molti aderenti, tra i quali per es. Arago, il Dubois, il Santini ed altri.[1]

300. — La teoria di Wilson, nel senso più ristretto, sembra verificarsi specialmente nelle macchie più tranquille, stabili, e permanenti; vi sono però delle anomalie nelle macchie più turbate, più superficiali e transitorie. Esami più recenti fatti dagli astronomi Warren de la Rue, Stewart, Loewy, Secchi, Riccò,[2] confermarono in generale questo risultato; altri invece, procedendo con metodi più rigorosi (disponendo di un ampio materiale di osservazioni), come il Howlett, P. Sidgreaves,[3] trovano che le eccezioni talvolta sono più numerose della regola. Howlett conclude addirittura che la superficie della penombra è convessa come quella della sfera solare. A nostro parere tutte queste apparenti contradizioni si compongono più facilmente col concetto già stabilito dal P. Scheiner (n. 297) che con quello del Wilson. Siccome le navi dell'oceano non mostrano la stessa immersione nell'acqua, così le macchie solari, ed in modo particolare la parte più profonda, i nuclei delle medesime non si trovano allo stesso livello della fotosfera; imperocchè la superficie solare non deve concepirsi come un piano matematico, ma come uno strato fluido (liquido o aereo) nel quale le macchie galleggiano (R. U. 551). E questo basti per un primo concetto; spiegazioni più particolari saranno date negli articoli seguenti.

(1) *Tous les phénomènes s'expliquent d'une manière satisfaisante,* dice Arago (*Astr. populaire.* Paris, 1855, II tome, p. 91). — *Cette hypothèse paraît la plus rationelle et qui explique parfaitement les taches solaires,* scrive Dubois (*Cours d'Astronomie.* Paris, 1865, p. 237). — Santini chiama la teoria *la più conforme alla verità* (*Elementi di Astronomia,* ed. 1830, I, 142).

(2) Cfr. *Astron. Nachrichten,* n. 3423.

(3) *Montly Notices* of the R. Astr. Soc., London 1894, 73 e 1895, 282.

Digitized by Google

301. — Una teoria alquanto diversa fu stabilita ultimamente dall'astronomo francese H. Faye, il quale vede nelle macchie solari grandi **vortici** nella fotosfera solare, prodotti dalla stessa rotazione del Sole.[1] Questi vortici simili ai cicloni nell'atmosfera terrestre (n. 142), formerebbero nella fotosfera dei vani relativi a foggia di imbuti, di cui le pareti coniche avrebbero l'apparenza della penombra; la parte inferiore profonda (più o meno cilindrica) formerebbe il nucleo. Questa teoria, che incontrò il favore di non pochi, difficilmente si accorda coi fatti osservati. Se fosse così, come dice il Faye, le macchie solari dovrebbero mostrare anche nella loro configurazione questo moto vorticoso; invece, come ci assicura già di nuovo lo Scheiner, le macchie non mostrano un moto rotativo intorno a se stesse (R. U. 507). I casi notati dal P. Secchi (n. 289) e da noi stessi (n. 290) formano vere eccezioni. « È vero », scrive il lodato P. Secchi, « che talora si trovano macchie vorticose e di struttura chiaramente ciclonica, ma esse sono assai rare: appena 5 o 6 in un anno ».[2] In esse poi la rotazione (come vedremo) è dovuta piuttosto a collisioni di eruzioni.

Dalle molte citazioni di idee giuste (finora non corrette) dell'opera classica del P. Scheiner si caverà almeno questo risultato, quanto inconsideratamente certi autori (anche recentissimi, che non vogliamo qui nominare) asseriscano che, prima del secolo scorso, del Sole non si sapeva quasi nulla!

Art. VIII. — Eclissi totali del Sole. Le protuberanze.

302. — **Un'eclisse totale del Sole** è un fenomeno quanto raro, altrettanto grandioso e di importanza eccezionale per gli studi astrofisici. « Un'eclisse solare », scrive il P. Secchi (*Le Soleil*, I, 306), « non comincia a destare un vivo interesse, se non al momento, in cui il centro solare viene coperto dalla Luna. La luce comincia allora a diminuire in un modo assai sensibile, e quando si accosta il momento della tota-

(1) *Origine du monde*. Paris 1884, 226.
(2) *Bull. Meteorol. Coll. Rom.* 1873, 25.

Digitized by Google

lità, questa diminuzione è si rapida, che ha qualche cosa di spaventevole. Ciò che allora colpisce, non è tanto l'**indebolimento della luce**, quanto il **cambiamento di colore**, che prendono gli oggetti. Ogni cosa si fa triste, oscura ed ha quasi l'aria di chi minaccia. Il paesaggio più florido si ricopre d'una tinta di color grigio; nelle regioni più alte e più vicine al Sole il cielo prende l'aspetto di colore di piombo, mentre presso l'orizzonte si fa giallo-verdastro. Il volto degli uomini mostra una tinta cadaverica, analoga a quella della fiamma dell'alcool satura del cloruro di sodio. Questa tinta giallastra, e specialmente l'**abbassamento di temperatura**, sembra che annunzino una diminuzione delle energie vitali della natura».

303. — Allo stesso tempo un **silenzio generale** si diffonde nell'aria; i piccoli uccelli spariscono, gl'insetti si nascondono; ogni cosa sembra presagire un'imminente e terribile disastro. «Si capisce bene», scrive il sig. Forbes, «come le popolazioni ignoranti siano colpite da sommo spavento, vedendo impallidire per tal guisa l'astro del giorno, immaginando di assistere al principio di una notte eterna».

Alcune circostanze secondarie, che ordinariamente non hanno importanza veruna, contribuiscono alle volte in singolar maniera ad accrescere quelle **impressioni**. Così nel 1842 una nube che si andava spandendo a piccola distanza dal Sole, sembrava allo sguardo del sig. Airy come una massa enorme che si precipitasse sulla Terra con rapidità spaventosa. Tutti gli osservatori s'accordano nel descrivere siffatte emozioni. Gli stessi astronomi, sebbene a ciò preparati più che qualunque altro, sono presi da un senso d'oppressione e di involontario spavento; ci vuole tutta la forza della volontà per rimanere padroni delle proprie facoltà alla vista dell'imponente spettacolo.

304. — Allorchè l'osservatore trovasi in un posto un po' elevato, donde gli è possibile di seguire il cammino dell'ombra totale, egli vede quest'ombra come una colonna nera invadere la pianura, ed avanzare a guisa d'un temporale fosco e minaccioso con velocità straordinaria. In questi ultimi momenti la falce luminosa (rimasta) diminuisce con una rapidità sorprendente; in un attimo essa è ridotta ad un sottilissimo filo, terminato da due punte acutissime; le prominenze

Digitized by Google

del contorno lunare spesso lo dividono in più parti, e finalmente scompare.

A quel punto la scena si cambia completamente. In mezzo ad un cielo di color di piombo si stacca un disco perfettamente nero, circondato da una gloria stupenda (vedi le figure 101 e 102) di raggi d'argento, fra i quali scintillano dei **getti di fiamme rosate** (Fig. 95). Lo spettacolo è terribile ad un tempo e sublime; tutti gli spettatori, senza profferir

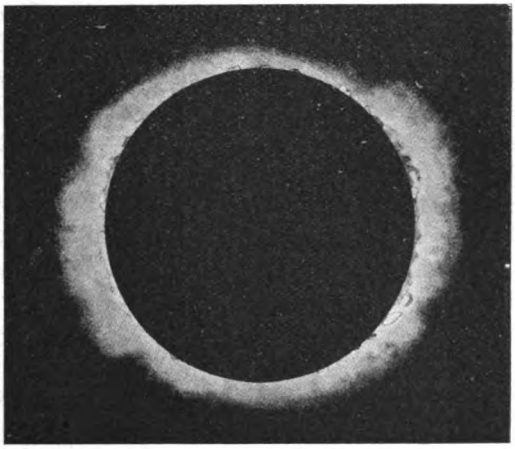


Fig. 95. L'eclisse totale del 1860 osservata in Ispagna.

parola, sono come stupefatti, e la calma suole essere tale che si sentono le battute del cronometro colla stessa facilità, come nella notte dentro un osservatorio solitario.

305. — **L'oscurità** che regna nel momento della totalità, dipende in gran parte dallo stato del cielo. In generale essa può paragonarsi alla luce crepuscolare, che si osserva una mezz'ora o tre quarti dopo il tramonto del Sole. Si vedono perciò le stelle più brillanti (specialmente il pianeta Venere), e si leggono a stento i caratteri grossi di un libro stampato; ma per la lettura dei circoli strumentali, gli astronomi devono munirsi di lanterne accese. Il contrasto tra l'oscurità pre-

Digitized by Google

sente e la luce ancora scintillante poc'anzi fa apparire l'oscurità anche maggiore di quello che è in realtà.(1)

I pochi minuti della fase totale sono passati ben presto. Un applauso generale spontaneo degli spettatori, finora taciturni, suole salutare il primo raggio del Sole che, brillante come una lampada elettrica, annunzia la fine del grandioso spettacolo. Ombre taglienti con orli vacillanti e quasi ondeggianti accompagnano l'ulteriore progresso della luce; mentre il cono ombroso come nube fuggiasca accelera la sua ritirata dalle pianure circostanti.

306. — Tali sono i fenomeni principali che si osservano in un'eclisse totale del Sole. Quello che ora deve fissare la nostra attenzione, sono le accennate prominenze o **protuberanze** di colore di rosa, visibili anche ad occhio nudo, come attesta esplicitamente il P. Secchi in occasione dell'eclisse da lui osservata in Ispagna nel 1860, quando i contadini dicevano che il Sole aveva del fuoco (*el Sol tiene fuego*). Gli osservatori di queste prominenze le descrivono ora come getti di fiamme, ora come piramidi di fuoco, non dissimili alle cime nevose delle Alpi, illuminate dal Sole presso al tramonto. Nel breve tempo della totalità di un'eclisse era quasi impossibile di assicurarsi della loro natura, se si trattasse di un fenomeno appartenente piuttosto alla Luna, che al Sole. Già la loro altezza relativa di $1\,{}^1/_2{}'$ (minuto di arco) nel senso del raggio solare, rese improbabile l'idea che appartenessero alla Luna, la quale, priva di atmosfera apprezzabile (n. 237), non può neppure pro-

(1) Sfortunatamente l'astronomo meno degli altri spettatori può godere lo spettacolo in tutto lo sviluppo della sua bellezza. Egli ed i suoi assistenti si dividono il lavoro da farsi in quei due o tre minuti preziosi; alcuni perfino aspettano con occhi bendati il momento della totalità, per non essere sotto l'influsso dell'accennato contrasto. Mentre gli uni osservano direttamente al telescopio, munito di spettroscopio, altri attendono alle camere fotografiche, altri alle misure fotometriche, alla registrazione del tempo, del cambiamento del barometro, termometro e ad analoghi fenomeni meteorologici; altri si metteranno alla ricerca di qualche pianeta o cometa nelle vicinanze del Sole; altri fanno disegni della corona, altri osservano l'andamento ed i contorni delle ombre; altri i varii fenomeni che si manifestano nel regno vegetale ed animale; insomma tutto interessa, e quanto meglio il lavoro è ben preveduto e ben distribuito, tanto più fruttuosi saranno i risultati scientifici.

Digitized by Google

durre delle illusioni ottiche di questo genere. D'altronde le protuberanze sembravano talvolta proiettate, almeno in parte, sul disco oscuro della Luna stessa, formando un' apparente intaccatura del medesimo. Quest'ultima apparenza, come ora sappiamo di certo, non è altro che l'effetto dell'irradiazione nell'occhio, ovvero il risultato di eccesso di posa, se trattasi di fotografie (n. 18).

307. — Fu appunto la **fotografia**, alla quale era riservata la soluzione di questo problema, come descrive più minutamente il P. Secchi (*Le Soleil*, I, 339). Le fotografie, prese nel 1860 in Ispagna da lui e dall'astronomo De La Rue, in luoghi abbastanza distanti, risultarono ciò nonostante perfettamente identiche, quanto al numero e quanto alla posizione delle protuberanze, salvo una piccola differenza in altezza dovuta alla parallasse. Furono quindi escluse le ipotesi d'illusioni ottiche, miraggio, ecc. Le protuberanze appartenevano evidentemente al Sole, sulla superficie del quale questi ammassi luminosi alzavansi a foggia del fumo dei nostri vulcani ad altezze spettacolose (di 10 diametri terrestri!). Uno strato sottile luminoso dello stesso colore roseo, sembrava inviluppare tutta la fotosfera ordinaria del Sole, e da questo strato provengono le protuberanze, distaccandosi anche del tutto dal medesimo.

Art. IX. — Osservazioni spettroscopiche del Sole.

308. — I risultati delle osservazioni solari, descritti finora, sono stati raccolti senza l'aiuto dello strumento astrofisico per eccellenza, senza lo spettroscopio, l'applicazione del quale a questo genere di studio era destinata a schiarire le idee in un modo sorprendente. Si era curiosi, in modo particolare, di vedere che cosa rivelerebbe lo spettroscopio, diretto verso le protuberanze. La prima eclisse totale che si offeriva a questo scopo, fu quella del 1868, all'osservazione della quale grandi preparativi furono fatti dagli astronomi dei varii paesi. Il successo oltrepassò l'aspettativa per la scoperta importante, fatta dall'astronomo francese **Janssen** nelle Indie orientali, che le protuberanze potevano similmente osservarsi anche fuori del tempo di un'eclisse totale in un giorno qualunque. Dirigendo lo spettroscopio durante la totalità dell'eclisse verso

Digitized by Google

una protuberanza cospicua, il Janssen vide chiaramente le note **righe brillanti dell'idrogeno** insieme ad altre righe chiare, le quali non si vedevano in altre parti del lembo solare. La stessa osservazione, fatta dagli altri astronomi (Rayet, Herschel, Tennant, Pogson), mise fuori di dubbio questi punti principali: 1° che quelle protuberanze erano composte di masse gassose incandescenti, provenienti dal Sole; 2° che il gas idrogeno era una, e forse la principale, delle sostanze componenti le medesime.

309. — Il Janssen, colpito dallo splendore di quelle righe brillanti, si domandò perchè esse non dovrebbero vedersi anche **fuori dell'eclisse**, ponendo (come allora) la fessura tangenzialmente al lembo solare? I raggi diretti del Sole resterebbero in questo modo esclusi dall'apparato, quelli irregolarmente riflessi dal fondo del cielo, come quelli diffusi nell'atmosfera, sarebbero dispersi dallo spettroscopio in modo da non poter impedire la visione di quelle linee brillanti. Di fatti era così. Essendo impedito dal cielo torbido, di verificare lo stesso giorno le sue aspettazioni, il Janssen si accinse subito all'indomani a mettere la fessura del suo spettroscopio di nuovo in quel posto del lembo solare in cui il giorno innanzi avea veduto la protuberanza. Ed ecco subito apparve la riga brillante, corrispondente alla C di Fraunhofer, poi ne vide un'altra corrispondente ad F. Era quindi possibile di accertare la presenza di protuberanze (idrogeniche) intorno al lembo solare a qualunque momento, determinarne l'esatta posizione ed anche l'estensione, spostando successivamente la fessura sopra le varie parti della protuberanza medesima.

310. — La scoperta del Janssen fu di grandissima importanza per gli studi astrofisici; il terreno però per farla era già preparato. L'astronomo inglese N. **Lockyer** aveva molto prima predetta la possibilità di vedere in questo modo le righe delle protuberanze, ma non aveva strumento per verificarlo. Per strana coincidenza poi, lo stesso giorno, quando la notizia della scoperta, fatta in India, arrivò in Europa (20 ottobre), egli annunziò dal canto suo, che aveva potuto osservare sull'orlo del Sole le righe luminose dell'idrogeno; segnalò poi un'altra riga presso D, chiamata D_3, di cui s'ignorava la pro

Digitized by Google

venienza: era la **riga dell'Elio** (n. 153). Le protuberanze erano dunque accumulazioni di sostanze gassose al disopra del livello ordinario della fotosfera. Di più, con ripetute ricerche Lockyer mostrò che uno strato idrogenico incandescente copriva tutto il Sole da ogni parte, mostrando dappertutto le dette righe brillanti in uno spettro discontinuo, mentre la fotosfera mostra uno spettro continuo con le solite righe di assorbimento. In questo strato si osservano durante le eclissi totali quegli effetti di luce vario-tinta che hanno procurato a questa regione il nome di **Cromosfera**. Se si mette la fessura dello spettroscopio sull'orlo del Sole, non tangenzialmente, ma verticalmente, si vede sempre un piccolo tratto della riga (di assorbimento) C brillare di bella luce rossa: è l'effetto della cromosfera, la quale ha uno spessore di più o meno 7000 km. Dove vi è una protuberanza, la parte brillante delle righe rispettive cresce in lunghezza, ed alle solite dell'idrogeno e dell'elio si aggiungono molte altre righe incandescenti di varie sostanze metalliche (sodio, magnesio, ferro, ecc.).

311. — Tra la cromosfera e la fotosfera trovasi uno strato gassoso di minore spessore (di 900 km. circa), al quale è dovuta l'inversione delle righe solari ordinarie; e che perciò viene chiamato **strato assorbente.** Quando in un'eclisse totale del Sole i lembi dei due astri vengono in contatto, al principio della totalità, si vedono per un'istante tutte le righe oscure dello spettro solare invertirsi in linee brillanti; sono le righe della luce diretta dello strato assorbente (n. 46), osservabili soltanto in quel momento. Queste dimostrano l'incandescenza e la natura gassosa del medesimo strato ed escludono con ciò tutte le ipotesi che suppongono una temperatura moderata in quelle regioni (n. 299). Osservatori del raro fenomeno lo descrivono così: quando i due lembi vengono in contatto, si vede uno o due minuti prima, che alcune delle righe oscure dello spettro ordinario cominciano ad impallidirsi, altre già mostrano una qualche debole luminosità propria; ma appena il contatto è perfetto, si vedono centinaia e anche migliaia di linee brillanti come fulmini attraversare i varii colori dello spettro, il rosso come il violetto, il giallo come l'azzurro ecc. Sfortunatamente il brillante spet-

Digitized by Google

tacolo dura appena due o tre secondi; perchè dopo questo breve tempo il lembo avanzante della Luna ha già coperto tutto *lo strato assorbente*. Siccome le disposizioni dello spettroscopio devono essere fatte con grande cura, per godere del breve spettacolo, esso non fu osservato prima del 1870; non è stato finora possibile di vederlo, quando il Sole non è eclissato, e ciò a cagione dell'illuminazione dell'atmosfera terrestre.

312. — Il metodo indicato, di osservare le protuberanze col successivo spostamento della fessura, e di ricostruire così per mezzo di tratti paralleli la loro figura, era assai penoso e richiedeva molto tempo. Ciò nonostante molti bravi astronomi si misero con energia all'opera, di sorvegliare l'attività solare giorno per giorno. Venne allora molto opportunamente la scoperta fatta quasi simultaneamente nel 1869 dallo Huggins e dal Zöllner, che per vedere tutta una protuberanza, bastava l'**allargamento della fenditura.**(1) Avendo trovato col metodo già descritto, e colla fenditura tangenziale al lembo solare, il luogo di una protuberanza, si apre pian piano la fenditura, ed invece della linea brillante (per es. C dell'idrogeno) si vede allora un bel getto rosso con tutte le sue ramificazioni, che indicano la momentanea **forma della protuberanza**, della quale allora si può prendere il disegno e si possono misurare (col micrometro, I, n. 184) le varie dimensioni, notando al circolo di posizione il sito esatto della protuberanza relativamente al punto più settentrionale del Sole.

313. — Era così diventata una cosa interessante ed attrattiva il sorvegliare ogni giorno il Sole, registrando tutte le protuberanze visibili, come fecesi subito in parecchi osservatori, specialmente in quello del Collegio Romano e del Campidoglio in Roma. La figura 96 mostra il perimetro del Sole rettificato col **registro di un giorno** solo (23 novembre 1869) fatta

(1) Alcuni avevano già tentato di arrivare allo stesso risultato, dando un moto di vibrazione alla fenditura; senza dubbio l'allargamento della medesima è un metodo molto più semplice e sicuro, il quale però suppone uno spettroscopio abbastanza dispersivo; altrimenti i colori del fondo dello spettro rendono presto invisibile la protuberanza, se non si ricorre ad altri mezzi preventivi, di un vetro rosso o di un diaframma restringente vieppiù il campo di visione.

Digitized by Google

dal prof. Respighi in Roma.[1] Trenta di tali disegni, collocati uno sotto l'altro, in un sol foglio di carta, dànno a colpo d'occhio un'idea dell'attività solare assai esatta. Malgrado la straordinaria varietà di forme, sotto le quali si presentano questi singolari oggetti, scrive il lodato astronomo, in tutti si ravvisa un'unità di carattere, quello cioè di veri getti od **eruzioni gassose** dalla superficie o dal corpo solare. Ben definiti e compatti alla base, questi getti si sviluppano e si diffondono a maggiori altezze nelle forme più variate, le più complicate e le più strane. Le elevazioni sono variabilissime; mentre alcuni getti spuntano appena dallo strato rosato, altri invece si slanciano ad **enormi altezze,** sin oltre a 3′, ossia circa 10 diametri terrestri, e ciò in un tempo brevissimo.[2] Talora si mantengono compatti e sottili, anche a grande altezza, ma spesso si diffondono in grandi masse, in diramazioni orizzontali o inclinate; talora sono isolati, talora invece riuniti più o meno irregolarmente in grandi gruppi, come le facole, e diffondendosi alla loro sommità, s'intrecciano e si confondono insieme, presentando l'aspetto di grandi gruppi d'alberi. Il quadro figura 97 dà un'idea dei **varii aspetti osservati.**

314. — Un ultimo perfezionamento fu aggiunto al metodo d'osservazione coll'uso della **fotografia monocromatica.** Volendo fotogra-

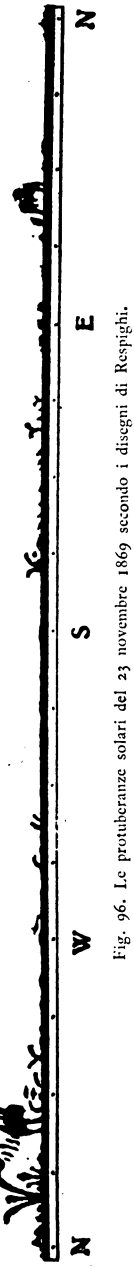


Fig. 96. Le protuberanze solari del 23 novembre 1869 secondo i disegni di Respighi.

(1) Cfr. *Bullettino meteorol. del Coll. Rom.* 1870, p. 17. La tavola ivi aggiunta dallo stesso Respighi esibisce 18 *profili del Sole*, ricavati dal 26 ottobre al 5 dicembre 1869. Le protuberanze sono ingrandite del doppio (relativamente alla circonferenza del Sole).

(2) Il P. Fenyi S. I. all'osservatorio di Kalocsa (Ungheria) ne osservò parecchie dell'altezza di circa 11′,5 ossia di 0,722 del raggio solare che equivale all' altezza di 500,000 km., quasi 40 diametri terrestri! Cfr. *Astr. Nachr.* 3133, 3208, 3279, 3335 ecc.

Digitized by Google

fare nel modo già indicato (n. 285) le protuberanze del lembo solare, il prof. Hale venne a scoprire il modo di osservare le **eruzioni solari** sullo stesso disco luminoso del Sole, e di provare direttamente il legame stretto che unisce i varii fenomeni della superficie solare: le

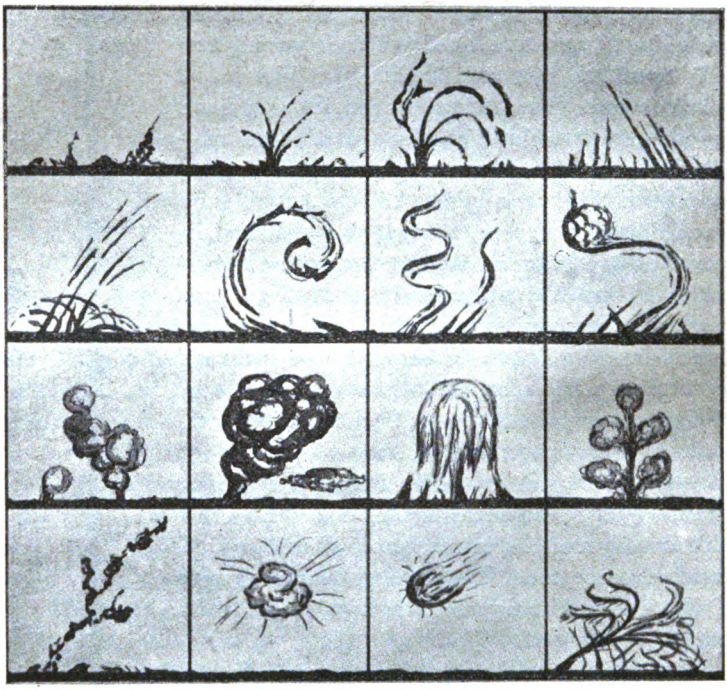


Fig. 97. Tipi diversi di protuberanze solari.

macchie, facole, protuberanze ecc. Si noti poi che la figura d'una formazione sarà varia, secondochè si sceglie una linea caratteristica delle varie sostanze, rappresentate nella medesima, per es. dell'idrogeno, calcio, elio ecc.; e la ragione è evidente, non essendo omogenea la distribuzione delle singole in tutto l'ammasso rappresentato.

315. — Più importante della classificazione delle protuberanze secondo il vario aspetto esterno (*ammassi, cumuli, getti, pennacchi, nubi*, ecc.) è quella in protuberanze idroge-

Digitized by Google

niche (ordinarie) e protuberanze o meglio eruzioni metalliche. Le **protuberanze idrogeniche** sono meri sollevamenti ed agitazioni della cromosfera, e vengono osservati in tutte le latitudini eliocentriche; esse (come indica già il nome) sono composte principalmente d'idrogeno e di elio. Le esplosioni ed eruzioni che si manifestano in esse, principalmente sopra le facole, sono di un carattere più mite.

Le **eruzioni metalliche** invece si distinguono già per la luce vivissima che emettono, i loro moti e cangiamenti

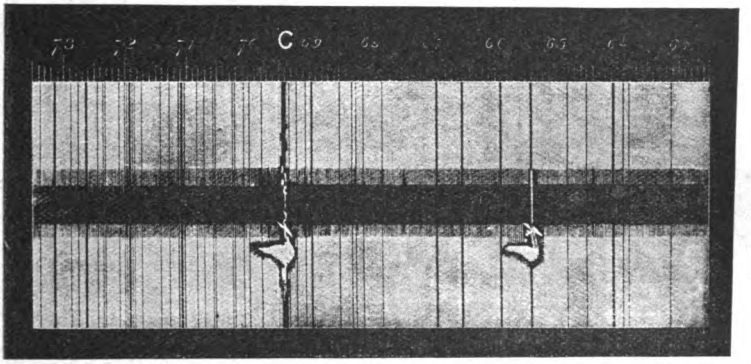


Fig. 98. Spettro d'una macchia, osservato dal Young il 5 agosto 1872.

sono rapidissimi, le loro forme e figure sottili e spiccate. Oltre le righe brillanti dell'idrogeno e dell'elio, esse contengono un gran numero di altre righe fiammeggianti, dovute a vapori metallici (del *sodio, magnesio, calcio, ferro, alluminio, nichel* ecc.). Esse si osservano principalmente nelle zone regie (n. 293) delle macchie, mai nelle regioni polari, testificando con ciò di nuovo il legame che connette un fenomeno coll'altro.

316. — Le macchie solari, spettroscopicamente esaminate, mostrano talvolta simili eruzioni in mezzo al nucleo stesso. Mettendo la fessura dello spettroscopio sopra una macchia, si vede nel campo del telescopio una banda oscura (orizzontale) attraversare tutto lo spettro (Fig. 98) fiancheggiata da due strisce meno oscure. Queste rappresentano l'immagine spettrale della penombra, quella invece è l'effetto del

Digitized by Google

nucleo. Fuori di dette strisce si vede lo spettro solito della fotosfera solare, solcato dalle righe ordinarie di assorbimento. Queste righe non scompariscono del tutto nell'oscurità del nucleo; alcune sembrano anzi rinforzate, altre indebolite, altre invece rovesciate, cioè invertite in linee brillanti. La figura mostra un caso straordinario di tale inversione della riga C, osservata il 5 agosto 1872 dal Young in Sherman.[1] La riga suddetta (e qualche altra vicina) mostrava una contorsione straordinaria ed un' escrescenza da una parte, la quale, secondo il principio di Doppler, accennava uno spostamento della materia luminosa di circa 180 km. in un secondo. Un'osservazione simile è ricordata dal P. Secchi del 13 novembre dello stesso anno 1872. Avvisato dal suo assistente Ferrari, che una bella macchia con ponte luminoso (numero 284) era visibile, il Secchi volle esaminarla collo spettroscopio e vide lo stesso fenomeno testè descritto.

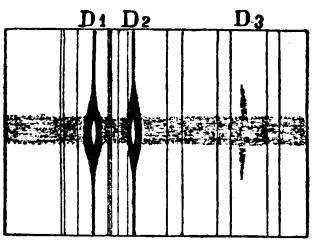


Fig. 99. Doppia inversione delle righe del sodio.

317. — **Lo spettro del nucleo** d'una macchia non è quindi una semplice striscia nera, priva di ogni luce, ma invece si distinguono in essa ancora le righe d'assorbimento (più oscure); anzi vi sono delle righe oscure ben marcate, ben visibili anche nella penombra, che raramente si vedono nello spettro solare ordinario. Tutto ciò si vede ancor meglio nella figura 99, che rappresenta una porzione dello spettro osservata dal lodato Young[2] il 22 settembre 1870. In esso si vedono le due righe D_1 e D_2 del sodio, allargate in modo straordinario, ed invertite allo stesso tempo, mentre la riga D_3 dell'elio (n. 310) apparisce come una striscia om-

(1) *Comptes-Rendus*, vol. 75, p. 1581. Cfr. LOCKYER, *The Sun*, 596. Si noti però, che anche rifrazioni straordinarie dei raggi luminosi negli strati più o meno densi, che circondano le macchie o protuberanze, possono cagionare o almeno modificare simili effetti. Questo sarà più facilmente il caso, quando lo spostamento della materia luminosa esigerebbe velocità enormi appena ammissibili.

(2) *The Sun* (New York, 1881), 157.

Digitized by Google

brosa. Le righe del magnesio presentavano un aspetto simile. L'inversione delle righe è evidentemente dovuta ad eruzioni, le quali accadono alle volte con violenza tale, che la protuberanza prodotta in questo modo si può osservare in tutta la sua figura, proiettata sul fondo oscuro del nucleo e della penombra. Le righe rispettive mostrano allora una violenta agitazione e contorsione, in senso spesse volte contrario, secondo le varie direzioni delle correnti, mentre altre vicine appartenenti a sostanze diverse, che trovansi a livelli diversi, appaiono inalterate e tranquille. Tutto ciò, come nota bene il P. Secchi, tende a provare che i nuclei delle macchie non possono essere scorie solide (n. 296), ma che anch'esse sono composte di materia gassosa.(1)

Art. X. — Periodicità dell'attività solare.

318. — Prima di formarsi un'idea definitiva sulla costituzione del Sole, dietro i risultati importanti finora raccolti dalle varie osservazioni, dobbiamo esaminare ancora un altro fatto curioso, quello della periodicità dei fenomeni accennati. Vi sono certi anni, come per esempio il 1903, nel quale si vedono pochissime macchie solari; passano mesi interi ed il Sole mostra quasi sempre un disco netto e pulito senza macchia sensibile; in altri anni invece non passa un giorno nel quale non si vedano macchie solari, anzi talvolta (n. 290) il Sole ne è talmente coperto, che sembrano una cinta oscura intorno al suo globo. In altre parole, vi sono degli anni di **attività solare minima e massima.** Il primo che diresse l'attenzione degli astronomi sopra questo punto importante fu lo Schwabe di Dessau, quando pubblicò, nel 1851, le sue osservazioni, fatte con grande cura, per lo spazio di 25 anni. L'astronomo R. Wolf di Zurigo, raccogliendo poi tutte le osservazioni (edite ed inedite) fatte dal tempo della scoperta delle macchie fino ai giorni nostri, trovò che tali *minimi* e *massimi* si seguono con una certa regolarità, e che l'inter-

(1) Cfr. *Bull. met. del Coll. Rom.* 1873, p. 87, dove il Secchi chiama la teoria delle scorie *decorosamente sepolta*, dopo che il signor Reye (negli *Annali di Poggendorff*) mostrò le altre incongruenze di tale ipotesi.

Digitized by Google

vallo medio tra due minimi e due massimi è di anni 11,11. I periodi osservati vedonsi riuniti nella seguente **tavola:**

Minimi		Massimi		Minimi		Massimi	
Anno	Differenza	Anno	Differenza	Anno	Differenza	Anno	Differenza
1610,8	8,2	1615,5	10,5	1755,2	10,3	1761,5	8,2
1619,0	15,0	1626,0	13,5	1766,5	11,0	1769,7	8,7
1634,0	11,0	1639,5	9,5	1775,5	9,2	1778,4	9,7
1645,0	10,0	1649,0	11,5	1784,7	13,6	1788,1	16,1
1655,0	11,0	1660,0	15,0	1798,3	12,3	1804,2	12,2
1666,0	13,5	1675,0	10,0	1810,6	12,7	1816,4	13,5
1679,5	10,0	1685,0	8,0	1823,3	10,6	1829,9	7,3
1689,5	8,5	1693,0	12,5	1833,9	9,6	1837,2	10,9
1698,0	14,0	1705,5	12,7	1843,5	12,5	1848,1	12,0
1712,0	11,5	1718,2	9,3	1856,0	11,2	1861,1	10,5
1723,5	10,5	1727,5	11,2	1867,2	11,7	1870,6	11,7
1734,0	11,0	1738,7	11,6	1878,9	11,0	1882,3	12.2
1745,0	11,2	1750,3	11,2	1889,9	11,4	1894,5	
1755,2		1761,5		1901,3			

319. — Da questa tavola si vede che il valore medio dei vari periodi, cioè il **periodo undecennale**, alle volte si allontana assai dal vero, essendovi delle differenze di 8 anni soltanto ed altre di 15. È notevole pure il fatto che i minimi non si verificano in uguale distanza dai due massimi (precedente e seguente) e viceversa. Così, per es., il minimo del 1843 dista dal massimo precedente del 1837 anni 6,3; dal massimo seguente del 1848 anni 4,6 soltanto; il quale massimo poi dista dal seguente minimo del 1856 di nuovo anni 7,9. In generale si può dire che la distanza da un minimo al seguente massimo ($4\frac{1}{2}$ anni) è minore della distanza

Digitized by Google

da un massimo al seguente minimo ($6\frac{1}{2}$ anni); cioè l'attività solare, scemando lentamente, arrivata al minimo, comincia a svilupparsi di nuovo con rapidità, e ciò progredendo dalle latitudini più alte verso le regioni equatoriali. L'attività stessa nei singoli periodi non è dello stesso vigore. Vi sono delle anomalie curiose, come quella notata dallo Spörer dal 1672 al 1713, quando poche macchie ap-

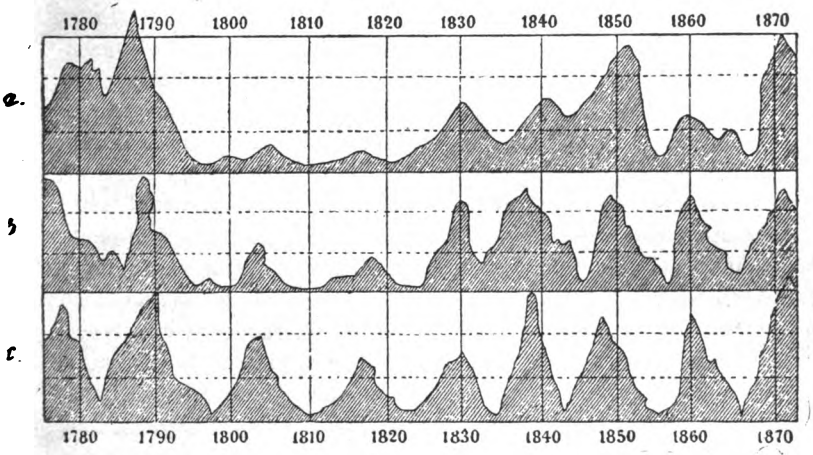


Fig. 100. Relazione periodica tra le aurore polari (*a*), la variazione del magnetismo terrestre (*b*) e l'attività solare (*c*).

parvero, e queste soltanto nell'emisfero australe; anzi vi fu un periodo di 10 anni, durante il quale non fu notata che una sola macchia.[1]

320. Le curve della figura 100 fanno vedere la stessa periodicità dal 1780 al 1870. L'inferiore (*c*) si riferisce alla frequenza delle macchie solari; le due altre (*b*) ed (*a*) mostrano una periodicità somigliante nell'attività del **magnetismo terrestre** (n. 144) e nella frequenza della **aurore polari** (n. 148). Un semplice sguardo a queste curve fa vedere l'intima correlazione che esiste tra i massimi e minimi delle macchie

(1) *Memorie della Società degli Spettroscopisti italiani.* Roma 1890, XVIII, 37. — Si noti inoltre che l'andamento da un minimo al seguente massimo è viceversa non è uniforme, ma mostra certe oscillazioni minori. Cfr. BRAUN, *Berichte*, loc. cit. 83.

Digitized by Google

solari, le straordinarie perturbazioni magnetiche e l'apparizione delle aurore polari. La curva (*b*) si riferisce soltanto alle variazioni della declinazione dell'ago calamitato, ma lo stesso vale della variante componente verticale ed orizzontale del magnetismo terrestre. Di più, la correlazione non esiste soltanto tra il valore medio annuo dei detti fenomeni, ma perfino nei massimi e minimi secondari mensili, come mostrò il Ferrari (assistente del P. Secchi) discutendo le osservazioni relative, fatte per ben 17 anni (fino al 1876), arrivando ai seguenti risultati: 1° Allorquando vi hanno grandi alternative nelle macchie solari, le perturbazioni magnetiche accadono prossimamente all'epoca della massima e minima escursione (della curva) che rappresenta il numero delle macchie; 2° Negli anni di *minimo* e di deboli variazioni (non maggiori di uno a tre) nel numero delle macchie, le perturbazioni, oltre all'essere generalmente assai deboli, avvengono principalmente quando nel Sole, di pulito che era, si formano alcune macchie.(1)

Il legame tra la variazione degli elementi del magnetismo terrestre e l'attività solare si è potuto ultimamente constatare in un periodo di $26\frac{1}{3}$ giorni, il quale corrisponde alla rotazione sinodica del Sole (n. 278) intorno al suo asse; la rotazione siderale, dedotta da queste variazioni magnetiche, sarebbe uguale a giorni 24,55.

321. — Sono state fatte molte **congetture** per spiegare in qualche modo la periodicità undecennale. Si pensò all'influenza dei pianeti vicini Venere e Mercurio, come pure a quella del pianeta gigante Giove, il quale compie appunto in circa 12 anni la sua rivoluzione intorno al Sole. Ma tutti i tentativi di provare un nesso certo sono falliti. Si ebbe ricorso alle meteore periodiche, simili alle pioggie di stelle cadenti, che cadono periodicamente sul nostro globo terrestre (I, n. 601), ma anche questa teoria ha i suoi punti deboli, sui quali ora non vogliamo insistere; basta ricordare l'irregolarità stessa dei singoli periodi, appena conciliabile

(1) L'esistenza di queste leggi si vede dimostrata dal Ferrari in dieci varie comunicazioni, fatte all'Accademia Pont. de' Nuovi Lincei, nelle quali si dimostra, come oltre il numero delle macchie deve farsi attenzione all'area da esse occupata; anzi più che il numero influisce l'estensione della superficie sulla quale avvengono le crisi ed agitazioni solari.

Digitized by Google

con tale ipotesi. Sarà sempre più probabile il dire, osserva il prof. Young (l. c. 152), che la causa trovasi nel Sole stesso. Come i nostri vulcani, grandi e piccoli (n. 127), dopo una esplosione, richiedono qualche tempo per concentrare di nuovo le forze interne e preparare una nuova eruzione, così il Sole, perdendo continuamente del suo calore, richiede qualche tempo per raccogliere nuova energia e mostrare nuova attività. Invece che il Sole sia influenzato in questo periodo dai pianeti, pare piuttosto evidente, come osserva il Secchi (*Sol.* I, 193), che la periodicità del raggiamento solare, calorifico e luminoso, viceversa debba reagire sopra i pianeti, i quali ricevono da esso calore, luce e vita.

Art. XI. — La costituzione del Sole.

322. — Che cosa è il Sole? Ecco la domanda colla quale il P. Secchi invita il lettore allo studio dell'opera sua *Le Soleil* (I edizione). Noi siamo arrivati ora ad uno stadio delle nostre discussioni da poter dare una risposta soddisfacente (come speriamo) alla medesima. Il Sole è un corpo celeste di dimensioni colossali, tutto incandescente, di una **temperatura** così elevata, che tutte le sostanze che si trovano sopra di esso, fino alla superficie lucente, sono in istato di perfetta segregazione, essendo impossibile la combinazione chimica degli elementi. Per farsi un'idea approssimativa della temperatura solare, basta riflettere quanto calore la sola Terra riceve continuamente dal Sole. Moltiplicando la quantità di questo col numero (2200 000 000), che esprime il rapporto d'una sezione centrale della Terra alla superficie d'un globo (il quale abbia la distanza ☉♁ per raggio), noi avremo un'espressione approssimativa dell' immensa quantità di calore che il Sole continuamente emana e cede al circostante spazio interplanetario.

323. — Per rendere la cosa un poco più accessibile al nostro modo di misurare tali quantità, possiamo concludere che la **radiazione solare** equivale presso a poco a più di un milione di calorie [1] per ogni minuto di tempo e per ogni

(1) Una caloria è la quantità di calore che basta per alzare di un grado la temperatura di un chilogrammo di acqua.

Digitized by Google

metro quadrato della colossale superficie del Sole. Se volessimo produrre questo calore per mezzo della combustione di carbon fossile (antracite), ci vorrebbe uno strato della grossezza di cinque metri, che coprisse tutta la superficie del Sole stesso, e ciò basterebbe per un'ora sola! Un Sole tutto composto di carbone ardente potrebbe colla sua combustione supplire il presente appena per 6000 anni.

In modo simile si potrebbe valutare la **potenza meccanica equivalente** alla radiazione del Sole, e si arriverebbe ad un numero di 482 520 trilioni (cioè $482\,520 \times 10^{18}$) di cavalli-vapore. Possiamo facilmente mettere in una fila di cifre un numero simile, dice il P. Secchi, ma la nostra fantasia stenta di realizzarne il significato.[1] È vero che i numeri di gradi, assegnati alla temperatura degli strati superficiali del Sole da vari autori sono assai differenti, secondo i diversi metodi adoperati per valutarli. Mentre il Secchi non esitava di parlare di milioni di gradi, ricerche più recenti si contentano di 4000° a 6000°; a noi basta al presente il dire che la temperatura (senza verun dubbio) è tale da tenere tutte le sostanze in continua disgregazione.

324. — Il Sole trovasi conseguentemente in **istato gassoso**, non solamente nei suoi strati più superficiali, ma probabilmente fino al centro. Lo spettro continuo per sè accennerebbe ad uno stato liquido, ovvero solido (n. 42), ma la temperatura delle parti interne, ad onta della pressione colossale, impedisce la liquefazione di quei gas; però non impedisce che la densità media del Sole (1,4) superi quella dell'acqua (n. 101). I vari corpi semplici, che compongono il globo gigantesco dell'astro centrale, sono identici a quelli che trovansi sulla Terra, benchè la loro distribuzione, soggetta a continui spostamenti, sia naturalmente assai diversa. L'analisi spettrale ha potuto accertare finora con certezza l'esistenza degli **elementi seguenti,** enumerati secondo il nu-

(1) Il numero in cifre si scriverebbe così 482 520 000 000 000 000 000; nel modo di pronunziarlo esiste qualche differenza; mentre gli uni chiamano bilione il numero $1000\,000^2$, trilione $1000\,000^3$, altri adoperano queste espressioni per dire $1000 \times 1000\,000$; $1000^2 \times 1000\,000$ ecc. Secondo questo secondo modo il numero nostro equivarrebbe a 482 520 *quintilioni.*

Digitized by Google

mero delle righe spettroscopiche osservate: ferro, carbonio, cromo, titanio, niccolo, manganese, cobalto, vanadio, zirconio, calcio, lantanio, cerio, ittrio, neodimio, scandio, bario, magnesio, sodio, silicio, stronzio, palladio, idrogeno, molibdeno, piombo, uranio, zinco, stagno, alluminio, cadmio, indio, potassio, elio, argento, tallio, germanio, wolframio, berillio, niobio, rodio, erbio, rame.

A questi, che oltrepassano già il numero di 40, dovranno, con grande probabilità, aggiungersi: ossigeno, cesio, rubidio, bismuto.

Altre sostanze, specialmente i metalli più pesanti, come oro, platino, iridio, mercurio, non hanno potuto essere identificati: forse perchè si trovano a profondità tale, che rarissimamente si fanno vedere alla superficie, dove invece si osservano continuamente in grandissima quantità i gas più leggieri (idrogeno, elio, ecc.).

325. — **La fotosfera** del Sole è formata dagli strati superficiali delle sostanze enumerate, che trovansi in istato gassoso di somma incandescenza ed anche di somma disgregazione delle singole particelle. In altre parole, la densità di quei vapori è minima, come lo dimostrano già le linee sottili dello spettro.[1] Variando però la temperatura da uno strato inferiore ad un altro superiore, e movendosi questi strati (per una causa qualunque) in sensi diversi, ne nascono delle onde simili a quelle che nelle alte regioni atmosferiche della Terra producono quelle accumulazioni di cirri, comunemente chiamate *pecorelle*. Così negli strati fotosferici si formano quegli elementi della **granulazione** (n. 282), cioè agglomerazioni e cumuli della materia incandescente della (cosidetta) fotosfera. L'angolo, sotto il quale la direzione orizzontale dei vari strati s'incrociano, determinerà la figura più arrotondata o allungata dei vari grani.

326. — **La cromosfera**, cioè quello strato purpureo che inviluppa tutta la fotosfera (n. 310), è composta dei gas più leggieri (idrogeno, elio, ecc.), mescolati però con vapori di

(1) Questa poca densità viene anche comprovata dal fatto che le comete, passanti attraverso la stessa atmosfera solare, non subirono sensibile alterazione nella lor orbita. — Cfr. Scheiner, *Astr. Nachr.* 3279.

Digitized by Google

altre sostanze (sodio, magnesio, ferro, ecc.), specialmente nelle regioni perturbate da agitazioni straordinarie. Tutti questi vapori si trovano pure in istato di incandescenza, però meno intensa; perciò mostrano righe brillanti, quando vengono osservate quasi isolate dalla luce più intensa della fotosfera. La densità della cromosfera diminuisce coll'altezza; conseguentemente le masse più dense trovansi in contatto quasi immediato della fotosfera, dove formano lo strato assorbente, cagionando cioè nello spettro continuo solare della fotosfera tutte quelle righe oscure notate dal Fraunhofer, e rivelando con esse la presenza degli elementi che trovansi nelle regioni superficiali del Sole stesso.(1)

327. — **Le facole** non sono altro che elevazioni straordinarie delle onde fotosferiche, le cime delle quali, attenuando lo strato cromosferico, appariscono naturalmente più brillanti del resto. Perciò esse sono anche più visibili verso l'orlo del Sole, che nel mezzo, dove gli strati, assorbenti la luce fotosferica ordinaria, sono attraversati quasi perpendicolarmente dalla medesima, e quindi con un tragitto più breve. Se le elevazioni suddette si fanno in modo più violento e una parte della cromosfera viene spinta in alto, si vedranno delle **protuberanze idrogeniche** ordinarie (n. 315); se invece l'agitazione nell'interno del Sole arriva ad un grado da cagionare delle vere esplosioni, si vedono **eruzioni violentissime** di sostanze metalliche anche delle più pesanti, i vapori delle quali, lacerando fotosfera, strato assorbente e cromosfera, vengono lanciati in un tempo brevissimo ad altezze quasi incredibili. La ragione che cotali eruzioni accadono soltanto nelle regioni più o meno vicine all'equatore (nelle *zone regie*, n. 293), dovrà forse tra le altre cause ricercarsi nella forza centrifuga sviluppata dalla rotazione dell'immenso globo solare, la direzione della quale, combinandosi colle correnti interne della massa intera del Sole, determina il moto risultante osservato.

328. — **Le macchie solari** saranno il residuo di questi cataclismi. « Ogni volta (dice il P. Secchi) che all'orlo orientale del Sole si vede una grossa eruzione di vapori metallici,

(1) Abbiamo veduto di sopra (n. 152) come si distinguono le righe cagionate dall'assorbimento dell'atmosfera terrestre.

Digitized by Google

si è sicuri che il dì appresso si vedrà comparire una macchia ».[1] I vapori lanciati così in alto perdono ivi la loro incandescenza (le protuberanze si dileguano), diventano invisibili, si condensano e ricadono così sul Sole stesso, formando delle depressioni nella cromosfera e nella fotosfera, per penetrare di nuovo nell'interno della fornace solare. Le parti più dense, e quindi anche più oscure, sono le prime ad arrivare alla fotosfera; esse formano il **nucleo della macchia**, il quale, venendo in contatto colla fotosfera, viene dalla medesima dissipato principalmente nelle parti più superficiali, donde nasce la **penombra.** In questa vediamo una mescolanza di materia fotosferica incandescente e di materia meno luminosa e semitrasparente della macchia dissipata. La temperatura abbassata di questa permette forse delle combinazioni chimiche. Ad ogni modo la lotta tra questi vari elementi viene segnalata dalle facole circostanti, dalle esplosioni susseguenti, dalle contorsioni dei contorni, ecc. (n. 316). Insomma non c'è apparenza osservata, la quale non trovi così qualche spiegazione soddisfacente. Se la corrente discendente viene favorita da altre simili, ne nascerà un vero vortice (n. 289); se viene incontrata da correnti opposte, da nuove eruzioni, la discesa sarà contrastata e sospesa per un tempo assai più lungo; anzi vi possono nascere dei vortici ascendenti intricatissimi.

Questa spiegazione dei fenomeni solari sembra allo stesso tempo comporre tutte le divergenze che esistevano tra i vari propugnatori di teorie diverse.[2]

329. — Il **nucleo del Sole stesso**, a noi invisibile, potrebbe pure essere gassoso, come gli strati superficiali. È vero che

(1) Lettura all'Accad. Tiberina 15 febbr. 1875.

(2) Le macchie solari spiegate in questo modo si potrebbero chiamare nubi, come già volle *Galilei* (n. 295) ed ai tempi nostri lo stesso *Kirchhoff*, in quanto esse sono condensazioni vaporose in un mezzo gassoso meno denso. Non sono mere cavità nella fotosfera, ma qualche cosa corporea, di forma più o meno lenticolare come volle lo *Scheiner* ed anche il *Secchi* (n. 296); esse sono nondimeno vere depressioni nella fotosfera, come spiegò il *Wilson* ed i suoi aderenti (n. 298); le macchie saranno occasionalmente veri vortici, come disse il *Faye* (n. 301), veri cicloni nella fotosfera del Sole; perfino le scorie galleggianti di *Zöllner* (n. 296) trovano una certa rappresentanza, purchè non si premi troppo il significato della parola.

Digitized by Google

noi non possiamo farci un'idea di gas e vapori, i quali si trovino sotto pressioni così enormi, ed allo stesso tempo a temperature così eccessive, come devono essere quelli rinchiusi nell'interno del globo solare a grande profondità. Saranno gas, i quali mostrano uno stato piuttosto pastoso, ritenendo però allo stesso tempo tutta la mobilità delle minime particelle, di modo che, dovunque cessi, ovvero si modifichi per una causa qualunque la pressione esterna, reagiscano con forza esplosiva a ristabilire l'equilibrio turbato (n. 101). Chi vuol chiamare fluido o anche solido questo stato di materia, lo potrà fare, ma non potrà applicare ad esso le qualità ordinarie di queste varie forme di aggregazione molecolare, come vengono osservate nei nostri gabinetti di fisica o chimica. Che un Sole di questa natura non giri intorno ad un asse proprio come un globo compatto e solido, non può fare maraviglia; molto meno sembrerà strano che le macchie, provenienti da luoghi diversissimi, abbiano i loro moti proprii, e che nei loro giri non mantengano la stessa velocità angolare.

330. — Dal complesso poi delle varie modificazioni dei fenomeni solari nei singoli periodi di rinnovata attività, sembra giustificata la supposizione, che le parti più centrali del Sole, ruotino intorno all'asse comune con maggiore velocità (angolare), che le parti più superficiali. In un corpo fluido, dotato di tali **rotazioni diverse,** si formano, in conseguenza degli interni attriti, circolazioni ossia trasporti di materia dall'equatore verso i poli nelle parti superficiali, dai poli verso l'equatore nelle parti più profonde.(1) Le macchie, inerenti alla superficie del Sole, seguono la prima direzione; mentre la loro sorgente, trovandosi nelle regioni più profonde, si sposta (lentamente) in senso inverso. La ragione poi dell'accennata diversità di rotazione dovrà ricercarsi nella maggiore densità del

(1) La cosa può riprodursi sperimentalmente, come dimostra il sig. Belopolsky (*Astr. Nachr.* 2954), per mezzo di un grande globo di vetro pieno di acqua, nel quale galleggiano particelle di stearina (che hanno lo stesso peso specifico coll'acqua). Dando un moto di rotazione al globo, tutta la massa girerà con moto uniforme, intorno all'asse comune; rallentando poi il moto di rotazione, l'attrito delle pareti produce le condizioni richieste, le quali, benchè non siano mai quelle esistenti nel globo solare, nondimeno mostrano una certa analogia.

Digitized by Google

nucleo solare; poichè le particelle, rotanti prima in un circolo maggiore, col restringimento delle masse verso l'asse dovranno (secondo la legge delle aree) ruotare con velocità maggiore. Viceversa i vapori lanciati in alto e restando ivi sospesi per un certo tempo (rotanti con minore velocità), spinti dall'ambiente cominciano a girare più presto, donde poi, ricadendo sulla superficie fotosferica, ruotano più presto della medesima. Prima però di completare la nostra teoria, dobbiamo considerare ancora una serie di fenomeni che appartengono all'atmosfera del Sole.

Art. XII. — La Corona del Sole.

331. — *Sol circa margines fulvus est, in medio clarior*, scrive il P. Scheiner (R. U. 617); cioè il Sole apparisce più chiaro e luminoso verso il centro del disco apparente, che verso gli orli. Questa circostanza sola prova l'esistenza di un inviluppo aereo o gassoso, meno luminoso della fotosfera sottostante. Una simile diminuzione, dalle parti più centrali verso le esteriori, può notarsi nella radiazione calorifica e chimica. Un fascetto luminoso, proveniente dal centro, mostra una temperatura più elevata, che un altro proveniente dalle parti più vicine al margine. Similmente le fotografie solari, che dànno un' imagine distintissima delle parti centrali, sogliono essere meno distinte nelle parti marginali; donde riesce abbastanza difficile determinare il diametro solare mediante la fotografia. L'inviluppo che causa questi varii assorbimenti, potrebbe senza dubbio chiamarsi **Atmosfera solare,** se sotto tal nome vogliansi comprendere anche la già nota cromosfera (n. 310) ed il cosidetto strato assorbente (n. 311), che forse bastano a spiegare gli effetti accennati. Rimarrebbe quindi dubbioso, se oltre questi strati debba ammettersi un'ulteriore atmosfera, se non vi fossero altri fatti attestanti l'esistenza della medesima.

332. — Durante le eclissi totali (si potrebbe dire) la detta atmosfera diventa semplicemente visibile a foggia di splendida raggiera intorno al disco oscurato (Fig. 101). Questa raggiera, chiamata **Corona solare** o leucosfera (λευκός = *splendido*) non manca mai nelle eclissi totali, ed è uno dei fenomeni più bril-

Digitized by Google

lanti che si osservano in quei pochi minuti (n. 302). La forma e grandezza però è diversissima, come mostrano i disegni fatti nelle eclissi osservate. La figura 101 rappresenta la corona os-

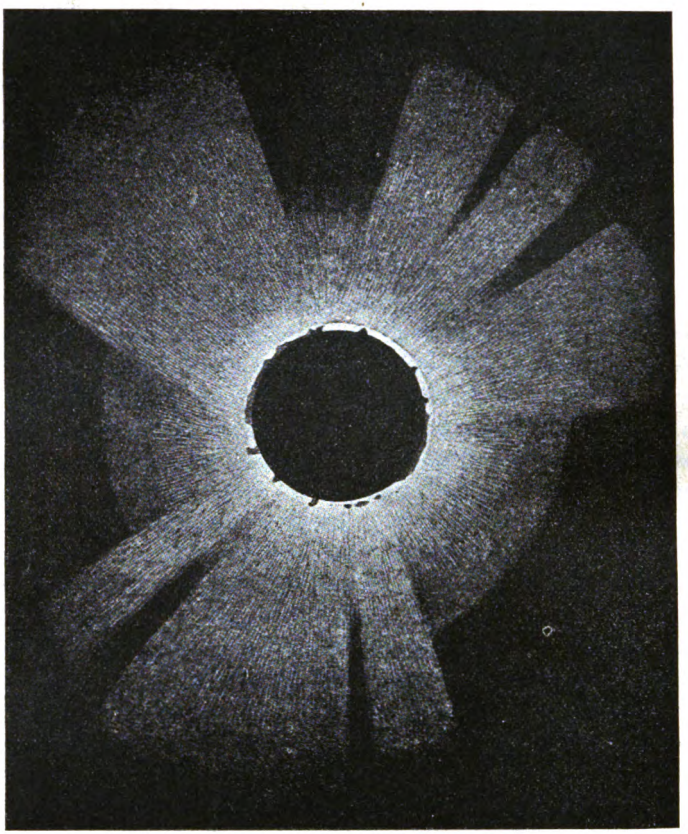


Fig. 101. Corona solare osservata il 18 luglio 1860.

servata dal P. Secchi nel 1860 in Ispagna, mentre la seguente (Fig. 102) è la riproduzione di un disegno (fatto dal capitano Bullock) in occasione dell'eclisse del 18 agosto 1868.[1] Fino

(1) Le due linee rette punteggiate servono per l'orientazione dell'immagine. Il disegno fu preso nella stazione di Mantawala-Kekee (Indie orientali), scelta dalla spedizione dei padri Gesuiti dell'osservatorio di Ma-

Digitized by Google

ad una certa altezza di circa 125 000 km. la raggiera suole avere l'apparenza di una sfera continua di luce (cfr. Fig. 95, p. 263); da questa però si alzano ordinariamente fasci di luce (nel senso radiale) all'altezza enorme di parecchi diametri solari (fino a 7 milioni di km.!).

Le **splendide ramificazioni** richiamano alla mente i fenomeni simili, osservati nelle aurore polari (n. 148); anzi per qualche tempo si dubitava, se la corona appartenesse realmente

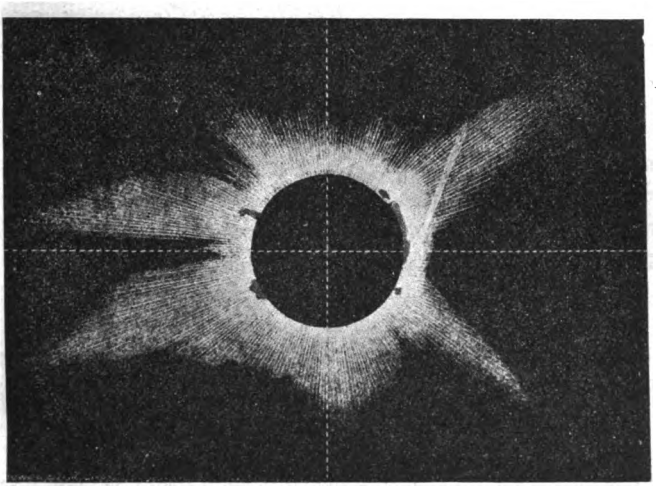


Fig. 102. Corona solare del 18 agosto 1868

al Sole, o se non fosse piuttosto una specie d'illusione ottica, cagionata dall'atmosfera terrestre. Questi dubbi oramai sono del tutto dissipati, specialmente dopo le fotografie della corona,

nila. Caratteristico in questa rappresentazione è il getto tangenziale, che si fece vedere soltanto due minuti dopo il principio della fase totale, ma poi, notato da vari osservatori, rimase per tutto il tempo della totalità.

Molte altre figure della Corona, osservata in varie eclissi, possono vedersi nell'opera del P. Secchi (*Le Soleil*, I, 330 sgg.) e nei trattati speciali sul Sole, come nei rapporti sulle singole eclissi osservate. Il vol. 41 delle *Memorie della Roy. Astr. Society* di Londra ne contiene circa 100, pubblicate dal sig. Ranyard.

Digitized by Google

prese in luoghi molto distanti ed in condizioni atmosferiche diversissime.(1)

333. — Lo spettro della corona osservabile soltanto nelle eclissi totali del Sole, si compone di uno spettro continuo, nel quale si vedono oltre le linee luminose dell'idrogeno una linea caratteristica verde di 531,70 μμ (n. 54). La sostanza problematica che produce questa riga, non trovando riscontro tra le sostanze terrestri, ha ricevuto il nome di **coronium.** Ora però sembra che sia stata scoperta nei gas delle solfatare di Pozzuoli. Si vedono pure, benchè assai indebolite, le righe d'assorbimento dello spettro solare, ciò che dimostra come gran parte della luce è semplicemente luce riflessa del Sole;(2) bisogna però tener conto anche dell'assorbimento cagionato dall'atmosfera terrestre. Lo spettro continuo supporrebbe che le particelle delle quali si compone la corona, siano corpuscoli liquidi o solidi incandescenti: una specie di polvere cosmica; imperocchè pare del tutto esclusa la possibilità d'una pressione in quelle altezze, che potrebbe rendere continuo lo spettro d'un gas (n. 56). Le fotografie (monocromatiche n. 285) della corona per mezzo della riga luminosa del coronium, fuori del tempo delle eclissi, finora non sono riuscite, a cagione dell'anzidetto spettro continuo e dei riflessi luminosi nell'atmosfera terrestre.

Neppure le fotografie prese nelle eclissi totali riproducono tutto quello che vede l'occhio dello spettatore. A persuadersene basta confrontare le figure 95 e 101 (pag. 263 e 294), delle quali la prima è fatta secondo la fotografia presa dal P. Secchi, la seconda invece rappresenta un semplice disegno. È vero che dopo i molti perfezionamenti dell'arte fotografica

(1) Un argomento perentorio contro questa teoria antiquata formano le osservazioni recenti spettroscopiche, le quali (secondo il Deslandres) provano la rotazione della corona insieme col Sole. Anche il fatto che i dischi oscuri di Mercurio e Venere diventano (nel loro transito davanti al Sole) visibili fuori del disco solare, provano che il fondo luminoso si trova al di là di questi pianeti.

(2) Lo stesso viene comprovato dal fatto che la luce apparisce polarizzata. Adattando cioè all'oculare un polariscopio, si vedono due imagini, le quali, se trattasi di luce riflessa, cambiano in intensità col girare dell'apparecchio, altrimenti rimangono inalterate.

Digitized by Google

le riproduzioni fotografiche odierne riescono meglio, ma non tanto da rendere inutili i disegni fatti a mano.(1)

334. — La questione da risolversi sarà ora questa: La *Corona* e l'*Atmosfera solare* sono da considerarsi come cose identiche, o no; e se la risposta deve essere negativa, si domanda, se oltre la cromosfera e la corona dobbiamo ammettere ancora un'atmosfera solare?

Dalle cose fin qui dette sulla corona solare apparisce che essa non rappresenta altra cosa, che gli ultimi getti delle innumerevoli protuberanze ed eruzioni, che vengono dal Sole lanciate a distanze enormi e con incredibile velocità. Il già citato P. Fenyi, direttore dell'osservatorio di Kalocza, pubblicò nel 1896 nelle *Astron. Nachrichten*, num. 3355, un interessante articolo (riassumendo le sue moltissime osservazioni spettroscopiche delle protuberanze solari), nel quale dimostra che i cosidetti raggi della corona non sono altro che **polviscoli minutissimi** d'idrogeno condensato. Il gas lanciato in alto in istato d'incandescenza, di una temperatura di molte migliaia di gradi, oltrepassando la cromosfera, trova ivi un vuoto quasi perfetto; accadono quindi in tutta quella massa gassosa delle esplosioni violentissime, le quali cagionano quelle

(1) Una prova di ciò forniscono le fotografie ed i disegni fatti nell'eclisse del 22 gennaio 1898 in Behar (Indie orientali) dalla spedizione scientifica dei padri Gesuiti dell'osservatorio di Calcutta (De Campigneulles S. I., *Observations taken at Dumraon*. London, New York and Bombay, 1899). — I primi tentativi di fotografare la corona furono fatti mediante eclissi artificiali, coprendo cioè l'imagine focale del telescopio con un dischetto nero, ovvero praticando un buco rotondo nella stessa lastra fotografica nel luogo dove cadde l'imagine del Sole. In condizioni atmosferiche eccezionalmente favorevoli si ottenne realmente in questo modo la fotografia d'un dischetto nero, circondato da un chiarore, che si rassomiglia assai a quello della corona; ma non era mai possibile di sapere fin dove nella produzione influivano i varii riflessi dell'atmosfera terrestre circostante. Se questa rende già difficile la riproduzione fotografica della corona durante le *vere* eclissi, lo fa molto più in quelle *artificiali*. Risultati migliori furono ottenuti dagli astronomi O. Lohse e W. Huggins mediante la luce spettrale tra G e H, dove la luce della corona è più intensa e quindi capace di prendere il sopravvento sopra quella diffusa dell'atmosfera. Ma anche questi metodi sono ancora ben lontani dal poter servire a schiarire i dubbi, che rimangono ancora intorno a questo fenomeno. Cfr. *Astr. Nachr.* 2480, 2486, 2747.

Digitized by Google

forme bizzarre delle protuberanze sopra descritte (n. 313). Finite le esplosioni il gas, ora in istato di massima rarefazione, si raffredda, si condensa, diventa oscuro, ed anche pressochè invisibile, riflettendo semplicemente la luce solare. Così le cosidette **protuberanze bianche** (osservate nelle eclissi solari) trovano pure la loro spiegazione.[1] La velocità della materia proiettata, continuamente ritardata nella sua ascesa dall'attrazione del Sole, finalmente si estingue, e la polvere più o meno condensata ritorna a ricadere sul Sole, riscaldandosi però di nuovo colla caduta e coll'avvicinarsi alla superficie solare; riprendendo perciò la sua forma gassosa s'infiltra di nuovo fra i *grani* della fotosfera, formando appunto quegli interstizi oscuri, che formano il reticolato della granulazione stessa (n. 282).

335. — Questa teoria sembra in armonia perfetta colle osservazioni. Così si spiegano l'agitazione ed i cambiamenti continui, osservati nella corona, come le ramificazioni, talvolta addirittura paraboliche, della medesima. Si spiega il fatto osservato, che in tempo di grande attività solare, anche la corona mostra un maggiore sviluppo che non al tempo di un minimo. Si spiegano perfino la forma particolare e la disposizione dei raggi principali della corona.[2] I getti pressochè orizzontali non saranno altro che la risultante di collisioni, cagionate dal frequente incontro di **sciami meteorici** discendenti, colla corrente ascendente. Oltre i getti che hanno la

(1) Oltre le protuberanze rosse, si osservano nelle eclissi *totali*, simili apparenze di colore bianco, delle quali non si seppe finora spiegare l'origine.

(2) Sulla relazione che esiste tra la forma della Corona e l'attività solare, manifestantesi nelle protuberanze (insieme colle macchie), il signor W. Lockyer pubblicò testè un interessante studio nelle *Monthly Notices Roy. Astr. Soc.* (1903, vol. 63, 481–488). Distinguendo *tre tipi diversi* della corona (*equatoriale, polare* ed *intermedio*) secondochè i getti principali trovansi nelle regioni rispettive del Sole. Egli dimostra che il *primo tipo* viene osservato al periodo dell'attività solare minima (n. 318), quando le protuberanze trovansi principalmente nelle regioni di 45 gradi circa di latitudine eliografica. Il *secondo tipo* si osserva, quando al tempo dell'attività massima le protuberanze trovansi in maggiore frequenza nelle regioni polari; il *tipo intermedio* nel tempo intermedio dei massimi e minimi, quando le protuberanze si mostrano quasi ugualmente nelle alte e basse latitudini eliocentriche.

Digitized by Google

loro origine nelle eruzioni solari, ve ne saranno senza dubbio altri provenienti da materia cosmica, incontrata dal Sole nella sua orbita (I, n. 614), i quali precipitano continuamente nel Sole, centro di attrazione di tutto il sistema planetario, compensando colla loro caduta (almeno in parte) il calore perduto dell'astro centrale. Sembrava finora una cosa inesplicabile, che le linee luminose spettrali dell'idrogeno, si osservassero, non solamente nei raggi stessi visibili della corona, ma anche negli intervalli (relativamente) oscuri tra essi; ora questo non fa più maraviglia, trovandosi ivi l'idrogeno discendente, poco riscaldato, ma abbastanza lucente per rivelare la sua incoata incandescenza nello spettroscopio.

336. — Prendendo quindi il significato della parola **atmosfera**, cioè sfera di vapori (ἀτμός), nel senso d'una sfera gassosa, che inviluppa a foggia dell'atmosfera terrestre un corpo più o meno solido o liquido, e ciò con permanenza sensibile, si dovrà dire che il Sole è quasi senza atmosfera; prendendo invece la parola nel senso più largo, non solamente la corona, ma la *cromosfera*, anzi la stessa *fotosfera* e forse tutto il globo solare potrebbe dirsi una gigantesca atmosfera.[1] Infatti le osservazioni accennate provano che lo spazio al di sopra della cromosfera si rassomiglia molto più ad un vuoto perfetto che ad un'atmosfera, come lo dimostra la pressione minima esercitata sulla stessa fotosfera, nella quale le linee di Fraunhofer appariscono d'una finezza squisita.[2] D'altronde la materia della corona deve piuttosto essere considerata come

(1) I raggi luminosi provenienti dai punti più profondi del corpo solare, se non fossero assorbiti dagli strati superiori, soffrirebbero in cotesta atmosfera molteplici rifrazioni e riflessioni; anzi, come dimostrò pochi anni fa il prof. Schmidt di Stuttgart, quelli diramati in direzione orizzontale, o quasi orizzontale, ritornerebbero a cagione della riflessione totale (negli strati superiori) di nuovo al livello del punto di partenza. Alcuni autori vorrebbero in questo modo spiegare la superficie sferica della fotosfera come una specie di illusione ottica formata dalla superficie suprema di cotali raggi riflessi. A noi sembra dal complesso dei fenomeni solari abbastanza provata la realtà dello strato fotosferico, e perciò basti d'avere qui semplicemente accennata questa nuova ipotesi.

(2) Secondo Young e Huggins la densità (media) della corona sarebbe un milionesimo di quella del vuoto torricelliano, cosicchè un chilometro cubo equivarrebbe ad un polviscolo! (*Observatory*, 1895, pp. 153 e 183).

Digitized by Google

meteoriça e transitoria, che come una cosa stabile e permanente. La ragione poi dell'assenza di un'atmosfera ordinaria deve ricercarsi nella forte attrazione del globo solare.

337. — È difficile assegnare **limiti superiori** alla corona, la quale si perde impercettibilmente nello spazio interplanetario; la sua materia probabilmente si estende, secondo il P. Secchi, fino alla cosidetta luce zodiacale, della quale tratteremo più sotto; anzi l'esistenza di materia cosmica tra il Sole e la Luna potrebbe pure avere la sua parte nel fenomeno. Con tutto ciò non vogliamo dire che tutti i problemi, connessi colla costituzione della corona del Sole, siano definitivamente sciolti. Ci vorrebbero molte più osservazioni di quelle finora fatte, per venire ad una conclusione finale ed assoluta. Osserva bene il lodato Young, che i momenti preziosi, dei quali l'osservazione dispone durante le eclissi totali, sommati insieme costituiscono appena una settimana in un secolo intero, e che anche in questa settimana l'opportunità di vedere l'eclisse ogni volta è ristretta ad una striscia limitatissima del nostro globo, ed al tempo di pochi minuti per ciascun osservatore. Conseguentemente il progresso scientifico intorno alla nostra questione non può essere che lento ed interrotto da lunghi intervalli.

Art. XIII. — Il calore solare e la sua conservazione.

338. — Ad onta della radiazione luminosa, calorifica e chimica, che dal Sole emana continuamente e da tempi immemorabili in tutte le direzioni dello spazio, non si è potuto constatare veruna diminuzione sensibile della sua energia. Qualunque sia la temperatura attuale media, che vogliamo assegnare alla massa incandescente solare (n. 323), essa certamente deve essere tale, che la perdita enorme, che fa ogni momento e senza interruzione, rimane per noi quasi impercettibile;(1) imperciocchè il Sole da tempi preistorici fino al pre-

(1) Nulla veramente prova (confessiamo col P. Secchi) che il Sole sia sempre stato rigorosamente della stessa forza radiante. Se al presente le misure di questa radiazione sono ancora molto imperfette, molto più lo erano nei tempi passati. Per stabilire la costanza della medesima non abbiamo altri mezzi che gli indiretti, per es. che lo stato della vegetazione

Digitized by Google

sente non sembra avere perduto nemmeno un millesimo della sua forza radiante. Dobbiamo quindi supporre nell'astro centrale una temperatura media addirittura colossale di molti milioni di gradi, ovvero vi deve essere un qualche compenso del calorico speso, per il quale il Sole riacquisti d'altronde l'energia perduta. Il miglior modo di spiegare la costanza della radiazione solare sarà quello di ammettere l'uno e l'altro; e siccome della temperatura enorme già abbiamo parlato (n. 323 sg.), cerchiamo qui di assegnare le varie fonti di compensazione, che possono concorrere alla detta restaurazione del calorico solare.

339. — La perdita fatta potrebbe in parte essere compensata da cause esterne, per esempio dalla **caduta di altri corpi celesti** sul Sole. Se la nostra Terra nella sua orbita intorno al Sole incontra annualmente tante *stelle cadenti* o sciami meteorici ed aeroliti (I, n. 601), quanto maggiore deve essere il numero di tali corpuscoli, incontrati dal Sole nell'orbita sua, (I, n. 614) a cagione del maggior volume e della maggior forza d'attrazione di quest'astro! La velocità colla quale questi corpi, provenienti dalla profondità degli spazi celesti, si precipitano nel Sole, si trasforma in vibrazioni molecolari, ossia in calorico. Un chilogramma d'acqua, arrivando così con una velocità di 637 km. al secondo sulla superficie solare, colla percussione violenta del corpo solare alzerebbe la propria temperatura di circa 50 milioni di gradi. Per compensare però in questa sola maniera la perdita del calore solare, per 100 anni soltanto, si richiederebbe la precipitazione di tante meteore nel Sole, che la somma della loro massa dovrebbe essere equivalente alla massa terrestre.(1) Un tale accrescimento della

dalle epoche storiche in qua è restato *sensibilmente* lo stesso nei paesi più antichi come l'India e l'Egitto. Ognuno vede però che il termine di confronto è molto vago. Andando poi alle epoche geologiche (n. 108 sg.), molto più difficilmente si potrà asserire che la radiazione solare sia rimasta costante.

(1) Lord Kelvin (Thomson) ha calcolato il calore, che produrrebbe sul Sole la caduta dei singoli pianeti dall'orbita rispettiva, deducendone il numero degli anni, pei quali ciascuno di essi potrebbe compensare il raggiamento solare, cioè: ☿ per 6 anni e 219 giorni, ♀ per 83 anni e 326 g., ♁ per 95 anni e 19 g., ♂ per 12 anni e 259 g., ☄ per anni 32254, ♄ per 9652, ♅ per 1610, ♆ per 1890; insomma la caduta di tutto il sistema planetario sul Sole produrrebbe in esso un calore sufficiente per 45604 anni di radiazione ordinaria.

Digitized by Google

massa solare si farebbe inoltre sentire nei moti dei pianeti; cosa che non si osserva; dunque non una compensazione completa, ma soltanto parziale, potrà trovarsi nell'accennata ipotesi.

340. — Un'altra causa di compensazione parziale può trovarsi in una lenta **contrazione del globo solare.** Secondo i calcoli fatti dal sig. Maxwell Hall, la contrazione annua di 13,15 metri basterebbe a supplire la perdita annualmente subita.[1] Questa contrazione equivale ad una vera caduta della materia verso il centro, la forza viva della quale (come nel caso precedente) si trasformerebbe in vibrazioni calorifiche. Nè perciò il diametro solare soffrirebbe una sensibile diminuzione, perchè ci vorrebbero 18263 anni, perchè l'apparente diametro diminuisse di un secondo; una quantità, anche adesso difficilmente misurabile. D'altronde, una certa variabilità fisica del diametro solare sembra risultare dalle misure micrometriche prese in varie epoche. Le ondulazioni atmosferiche terrestri e fotosferiche solari però non permettono di spingere queste misure fino ad un decimo, per non dire ad un centesimo di un secondo di arco. Per simili ragioni non fu possibile finora di provare una differenza dei vari diametri solari, per es. dell'asse polare e del diametro equatoriale; così il Sole non mostra veruna depressione polare.[2]

341. — Se la contrazione del globo solare fosse più rapida, essa non soltanto basterebbe a supplire alla radiazione perduta, ma il calore solare acquisterebbe coll'andar del tempo **maggiore intensità**; perchè la temperatura d'un corpo gassoso cresce colla diminuzione del suo volume, finchè la densità è arrivata a quel punto, dove, secondo le leggi ordinarie, la forza espansiva del gas cessa, e comincia la liquefazione del medesimo. Il Sole sembra essere pressochè arrivato a questo stadio almeno nei suoi strati più superficiali, come dimostrano le sue macchie e gli altri fenomeni concomitanti.

(1) *Monthly Notices Astr. Soc.* 1874, 237. Cfr. SECCHI, *Le Soleil*, II, p. 272.

(2) Cfr. *Astr. Nachr.* 3068. — Studi speciali sul diametro solare furono fatti e pubblicati nel 1874 dal P. Rosa S. I., assistente del P. Secchi. Un sunto di questo lavoro trovasi tra le *Memorie* degli Spettros. Ital. 1873, 126 sgg.

Digitized by Google

Questo **passaggio dallo stato gassoso** a quello liquido sarebbe però di nuovo accompagnato da uno sviluppo straordinario di calore. I gas dissociati, come sono appunto quelli del Sole, contengono una grande quantità di *calore latente*, il quale apparisce non soltanto nel suddetto cambiamento di stato, ma anche nelle **combinazioni chimiche.** Quando, per es., due masse di ossigeno ed idrogeno, combinandosi chimicamente, formano un chilogramma d'acqua, si sviluppano in questo processo non meno di 3830 calorie! I gas invece, col cominciare della combinazione, ritengono quasi la stessa temperatura, che non si abbassa che lentissimamente. Se nell'esempio nostro quei gas prima della combinazione avessero perduto 1° all'anno, cominciata la combinazione, cedendo però ogni anno la stessa quantità di calore come prima, perderebbero in 3830 anni un grado soltanto! (1)

342. — Da tutte queste considerazioni si fa palese che il Sole, ad onta delle perdite enormi di calore, può nondimeno per molti secoli ritenere sensibilmente la stessa temperatura, in modo tale, che l'abbassamento forse non superi un grado in quattro mila anni. Le **variazioni secolari** sono infatti più deboli di quelle oscillazioni a breve periodo, connesse colla variabile attività solare, l'esistenza delle quali sembra accertata, benchè non si sia potuto finora apprezzare completamente il valore. Ad ogni modo (concludiamo col P. Secchi) possiamo star certi che la nostra Terra, quanto dipende dalla radiazione solare, rimarrà abitabile per una lunga serie (anche di milioni) di secoli,(2) e sebbene tutte le cose di questo mondo col tempo si consumino, la Provvidenza divina (se voglia conservarle ulteriormente) dispone di mille modi per farlo, anche senza un intervento speciale, quella provvidenza di Dio, di cui dice la Scrittura: *In Sole posuit tabernaculum suum* (Ps. XVIII, 6).

(1) Si noti che sono due cose ben diverse: cessione d'una certa quantità di calore ed abbassamento di temperatura; così per es. l'acqua passando dallo stato vaporoso a quello liquido perde 536 calorie, senza abbassamento di temperatura; similmente cede 79 calorie per passare dallo stato liquido a quello solido. — Cfr. Secchi, *Le Soleil*, II, 262.

(2) Loc. cit. pag. 297.

Digitized by Google

Art. XIV. — Il Sole, regolatore principale della Fisica terrestre.

343. — Negli articoli precedenti più d'una volta si è fatta allusione alla grande importanza che l'astro centrale del nostro sistema ha per tutti i pianeti, ma in modo speciale per la nostra Terra ed i suoi abitanti. L'**azione solare**, senza esagerazione veruna, deve considerarsi come la causa principale di tutti i cambiamenti e spostamenti che osserviamo sulla superficie del nostro globo. È il Sole che regola i movimenti annui, il cambiarsi delle stagioni, la variazione dei climi. Il calore dei raggi solari produce nell'atmosfera terrestre quelle correnti, ora soavemente spiranti, ove violentemente soffianti, che servono alla rinnovazione dell'aria stessa, al trasporto delle nuvole (prodotte dalla continua evaporazione), alla distribuzione benefica delle pioggie, alla salubrità delle varie regioni. Il Sole co'suoi raggi comunica alle piante la facoltà di cavare il loro nutrimento dalla materia inorganica, le quali piante poi devono servire di nutrimento agli animali, e tutti e due al mantenimento della vita umana. Che cosa sarebbe la Terra senza Sole? Che cosa sarebbe la vita umana, sotto qualunque aspetto, senza l'azione benefica dei raggi solari?

La stessa **trasformazione geologica** degli strati più superficiali del globo terrestre, dopo la quale questa diventò l'abitazione gradevole dell'uomo (n. 130 e sgg.), in massima parte è dovuta all'azione fisica, chimica e meccanica del Sole. I grandi depositi di carbon fossile non sono altro che forza immagazzinata dell'energia solare; i grandi fiumi, colle loro potenti cascate, che oggidì servono in mille modi all'industria umana, non sono altro che testimoni insigni del lavoro del Sole, il quale, agitando le onde degli oceani, trasformando in vapore le loro acque, somministra continuamente nuovo alimento alle sorgenti insaziabili dei torrenti e fiumi, grandi e piccoli.

344. — Che il Sole, colla sua radiazione giornaliera, sia l'agente principale dello **stato meteorologico** dell'atmosfera terrestre, non ha bisogno di ulteriori spiegazioni. Basta uno sguardo ai vari registri del termometro, barometro, igro-

Digitized by Google

metro, ecc., a persuadersene. Ma quantunque l'influenza del Sole sia accertata, non è facile di predirne con qualche precisione gli effetti particolari, a cagione della grande variabilità delle condizioni (atmosferiche) delle varie regioni terrestri; in altre parole: la causa che modifica in mille modi l'azione solare non sembra da ricercarsi tanto nel Sole stesso, quanto nell'oggetto che riceve l'influenza di cotale azione solare.

Non molto dopo la scoperta delle macchie solari si cominciò (nonostante l'azione sensibilmente costante del Sole) a pensare ad una possibile **modificazione delle molteplici condizioni terrestri**, specialmente meteorologiche, dovute a quelle ombre transitorie. Se gli antichi astrologi ascrivevano già tanta importanza alla breve dimora del pianeta Mercurio davanti al Sole, dice il P. Riccioli, quanto più si dovrebbe assegnare tale importanza alle macchie solari. Lo stesso autore già nota la coincidenza di una grande siccità nell'anno 1632 con un *minimo* di macchie solari, ed invece di un gran freddo nel 1642 con un *massimo* di macchie, avvertendo, quanto siano stati vani nei tempi passati i presagi degli astrologi, i quali non tenevano conto di questi fenomeni (allora ancora sconosciuti).[1]

345. — Come le nostre nuvole frapponendosi tra il Sole e la Terra, così le macchie solari (dice il P. Kircher) servono a moderare il calore solare. Poichè si è osservato che quando il Sole per lungo tempo rimase senza macchie, grandi calori prevalsero sulla Terra, come nell'anno 1652.[2] Queste osservazioni del secolo XVII sembrano trovare una conferma nell'anno ora scorso 1904, il quale si distinse per il calore estivo eccessivo, coincidente col *minimo* di macchie solari.

Non molta attenzione fu data in tutto il susseguente secolo XVIII all'accennata coincidenza, finchè al principio del XIX il celebre Herschel riesaminò la questione, e seppe renderla popolare col dire che il prezzo del grano veniva regolato dall'attività solare; supponendo che al tempo di un mas-

(1) *Almagestum novum*, I, 96.

(2) *Iter exstaticum Kircherianum*. Herbipol. 1671, 223. — L'anno 1807 (secondo Flauguergues) si segnalò per simile coincidenza.

Digitized by Google

simo di macchie, l'attività chimica del Sole, propizio alla vegetazione, era più sensibile.[1] Un termine più sicuro sarebbe forse stato il prezzo del vino, perchè negli anni di grande siccità la vite prospera meglio; ed infatti, secondo il dott. F. G. Hahn,[2] gli anni famosi per la prosperità della vinicoltura 1783, 1811, 1822, 1834, 1846, 1857-59, 1865-68 coincidono assai prossimamente cogli anni dei *minimi* delle macchie solari 1784, 1810, 1823, 1833, 1844, 1856, 1867; mentre gli anni poco propizi alle vigne 1740, 1816, 1860 si trovano in vicinanza o in coincidenza coi *massimi* di macchie solari 1738, 1816, 1860.

346. — Parecchi autori cominciarono dipoi ad occuparsi dell'interessante problema sotto diversi aspetti, ed un frutto prezioso di queste ricerche fu la scoperta del già accennato parallelismo tra l'attività periodica del Sole e l'attività magneto-elettrica della Terra (n. 320). Molti scienziati, come il Gautier, Wolf, Fritsch, Piazzi-Smyth, Stone, Hahn, ecc., esaminarono allora le molte osservazioni meteorologiche, a loro disposizione, per iscoprire simili periodi paralleli in altre meteore terrestri. Il risultato di questi studi non lascia dubbio sull'esistente parallelismo. Così, per es., il lodato Stone nota la quasi-coincidenza dei *minimi* delle macchie solari degli anni 1844, 1856, 1867 coi **massimi di temperatura** 1849, 1859, 1869. In Italia, il prof. Celoria si occupò della medesima questione,[3] ma i suoi risultati, dedotti dalla lunga serie di osservazioni fatte a Milano, sembrano meno favorevoli all'accennata dipendenza o coincidenza. Anche il sig. Chambers credette bene di ricordare ai dotti impiegati in queste ricerche il detto di Arago: « In tali materie dobbiamo guardarci dal generalizzare, finchè non si disponga di un grande numero di osservazioni, fatte in regioni diverse ».

347. — L'apparente contraddizione di alcune deduzioni fu in gran parte rimossa dal valente meteorologista W. Köppen, il quale, in una pubblicazione fatta nel 1873, mostrò la neces-

(1) *Phil. Transactions*, 1801, 310 sgg. Herschel considera lo stato di un Sole pulito, come stato anormale (*labouring under an indisposition*).

(2) *Beziehungen der Sonnenfleckenperiode zu meteorologischen Erscheinungen*. Leipzig, 1877, 155.

(3) Rendiconti del R. Istituto Lombardo, ser. 2ª, vol. VI.

Digitized by Google

sità di tener conto delle varie zone terrestri nelle riduzioni.[1] I **risultati ottenuti** con questo metodo sono i seguenti:

1° I *massimi* e *minimi* della curva di temperatura non cominciano allo stesso tempo sopra tutta la Terra; ma, cominciando nelle regioni tropiche, essi si propagano con passo rallentato verso i poli, per svanire quasi interamente nelle regioni polari.

2° Anche nelle regioni tropiche la culminazione superiore ed inferiore di detta curva non coincide coi punti culminanti della curva delle macchie (n. 320), ma questi sono preceduti da quelle.[2]

3° Dal 1816 al 1873 le due curve procedono con tanta armonia, che la possibilità di un mero caso sembra affatto escluso.[3]

348. — Dopo il Köppen, il dott. F. G. Hahn (nella pubblicazione citata) esaminò varie altre relazioni, che sembrano esistere tra l'attività periodica del Sole e diversi **altri fenomeni terrestri**: le tempeste, i cicloni, i temporali, la frequenza delle nubi e della pioggia, la pressione atmosferica, l'estensione dei ghiacciai, il livello dei laghi, ecc. Quantunque i risultati di queste ricerche non meritino quel grado di fiducia come le sovracitate, ciò non ostante una certa relazione di massimi e minimi, in tutti questi fenomeni, coi massimi e minimi dell'attività solare, dovrà ammettersi. Si potè constatare perfino una relazione colla maggiore o minore frequenza di sciami di cavallette, le quali in anni di gran caldo e grande siccità si moltiplicano talmente che, abbandonando la loro patria orientale, investono la stessa Europa.

L'autore citato ammonisce però espressamente (pag. 172) il lettore, che non si deve dare troppa **importanza pratica** a

(1) *Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie*, 1873, Band VIII. I risultati del Köppen furono recentemente confermati da nuove ricerche di Ch. Nordmann (*Comptes-rendus* CXXXVI, 1047. Paris, 1903).

(2) Questo fatto sembra indicare che le variazioni di temperatura non dipendono direttamente dalle macchie solari, ma che vi deve essere una causa comune dei due fenomeni. — Cfr. HAHN, loc. cit. 28.

(3) Una certa irregolarità si mostra nel periodo precedente 1779-1816, la quale però si riferisce anch'essa a tutte due le curve.

Digitized by Google

tutte queste coincidenze. Sarebbe sbagliato assai, se uno credesse di potere ora, coll'aiuto del periodo undecennale della attività solare, predire il tempo, ossia le condizioni atmosferiche, almeno in modo generale, per un anno qualunque. Si potrà dire, con qualche probabilità, che circa il tempo di un minimo di attività solare, che suole estendersi per tre o quattro anni, vi sarà qualche estate più calda del solito, e viceversa, circa il periodo di un massimo vi sarà qualche inverno più freddo del solito: ecco tutto!

349. — Con ciò non si vuol dire che tutte quelle ricerche siano quindi inutili. Lo sarebbero forse se, come taluni credono, lo scopo principale di questi studi fosse l'esatta **predizione del tempo.** Essi servono, in prima linea, a scoprire le molteplici relazioni reciproche che esistono tra le vicende dell'attività solare e le vicende della fisica terrestre, per venire così a scoprire la causa comune del vincolo che unisce le une colle altre. Scoperta questa, oltre l'accrescimento del patrimonio della scienza, le applicazioni pratiche non mancheranno. Adesso già siamo arrivati a riconoscere, nella periodica attività solare, le pulsazioni vitali, che vibrano per tutto il sistema planetario, le quali si fanno risentire non solamente sul nostro globo terrestre, ma nelle mutazioni superficiali di altri pianeti: Giove, Marte, ecc., perfino nelle comete. Qui, come si vede, si apre un campo largo per future ricerche, e dovranno passare ancora molte generazioni prima che si possa pronunziare un giudizio definitivo sopre le sospettate relazioni.

Riassumiamo e concludiamo col lodato P. Secchi: (1) « Le cognizioni che presentemente abbiamo dell'astro del giorno sono, è vero, ancora molto incomplete. Molto ci resta da imparare, poichè la natura è inesorabile nelle sue meraviglie; quando uno crede di trovarsi al termine, si trova ancora sempre al principio, e di ciò la storia della fisica solare ci dà una prova luminosa. Quanto più però si perfezionano le nostre cognizioni intorno alle forze che regolano l'andamento del mondo, tanto più ci vediamo costretti ad ammirare quella Sapienza Infinita che tutto stabilì e collegò *in mensura et numero et pondere* » (Sap. XI, 21).

(1) *Le Soleil*, II, 483 e loc. cit. (n. 328).

Digitized by Google

PARTE TERZA

COSTITUZIONE DEI SINGOLI PIANETI

CAPITOLO I.

IL PIANETA MARTE (♂)

350. — Marte, dai Greci chiamato Ἄρης, ovvero Πυρόεις (*infocato*, a cagione della sua luce rossa splendente), non è il primo tra i pianeti maggiori nell'ordine di disposizione successiva intorno al Sole (I, n. 409), ma occupa piuttosto un posto intermedio tra i suoi compagni (☉ ☿ ♀ ♁ ♂ ♃ ♄ ♅ ♆). Esso non è neppure quello che si avvicina nell'orbita sua ellittica più alla Terra di tutti gli altri pianeti maggiori, essendo in ciò lasciato indietro da Venere. In grandezza Marte, con un diametro di 6742 km., supera il solo pianeta Mercurio (cfr. fig. 82, pag. 223); esso offre però il grande vantaggio, che al tempo del suo avvicinamento alla Terra, quando vince col suo splendore lo stesso pianeta Giove, si trova in opposizione col Sole, ed è quindi molto meglio osservabile del pianeta Venere, il quale non si scosta mai più di 48 gradi dall'astro del giorno (I, n. 319). Per conseguenza le nostre **cognizioni astrofisiche** intorno al pianeta Marte sono molto più estese di quelle di Venere, anzi di qualunque altro pianeta; e siccome nello studio dei singoli corpi celesti seguiamo il principio (n. 86) di procedere dal più cognito al meno cognito, cominceremo le nostre ulteriori ricerche collo studio di Marte, il quale si prestò già vantaggiosamente nel tempo del celebre Keplero allo scioglimento definitivo del problema intorno alle orbite planetarie (I, n. 373). Come le molte e precise osservazioni di Tycho Brahe, servirono al Keppler ad ottenere lo splendido risultato delle sue *leggi*, così oggidì possediamo un buon numero di osservazioni astrofi-

Digitized by Google

siche rispetto al nostro pianeta, le quali, debitamente esaminate e confrontate, facilitano assai le ricerche sulla costituzione del medesimo.

Art. I. — Cenni storici sui primi studi del pianeta.

351. — Lo studio astrofisico di Marte comincia nella prima metà del secolo XVII, più precisamente coll'anno 1636, quando l'astronomo napoletano Franc. **Fontana,** al tempo dell'opposizione del pianeta, fece un primo disegno della superficie planetaria, notando in essa certe ombre che parevano inerenti alla medesima. Nuove osservazioni, fatte due anni dopo, sembravano indicare qualche spostamento di dette macchie, donde il Fontana ed il suo amico, il P. **Zupi** S. I. conclusero, che probabilmente Marte avesse un moto rotatorio intorno ad un asse proprio. Un disegno del 1638 mostra chiaramente (sebbene con qualche esagerazione) la fase del pianeta. Le macchie, disegnate dal Fontana, (1) e riprodotte dal P. Riccioli nel suo *Almagesto* (parte I, pag. 486), hanno però più l'aspetto di riflessi falsi del cannocchiale, che di macchie reali, donde lasciano dubbi fondati sopra le accennate conclusioni. Accrebbero questi dubbi dal fatto, che il P. gesuita Zucchi, lo scopritore del cannocchiale riflessore (I, n. 173), il quale osservò il pianeta in Roma nel 1640, non potè vedere nessuna macchia, nè rossa, nè nera. Intanto **le fasi** accertate, benchè meno cospicue di quelle dei pianeti Venere e Mercurio (n. 213), provarono ad evidenza che lo splendore del pianeta era dovuto, non a luce propria, ma a luce riflessa del Sole. Anche l' esistenza di macchie oscure fu riconfermata dalle osservazioni del P. Dan. **Bartoli** S. I. (1644), il quale con un buon telescopio del suo confratello P. Sirsali scoprì delle macchie in una parte del disco, e ne diede notizia al Riccioli, aggiungendo che probabilmente se ne vedrebbero ancora delle altre.

352. — Così l'attenzione degli astronomi si diresse verso il pianeta. Alcuni però credettero di vedere delle cose, che ap-

(1) *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes.* Neapoli, 1655, tract. 6, cap. 1.

Digitized by Google

pena meritano una menzione in questo luogo. Così, per es., il noto P. cappuccino Schyrlaeus de **Rheita** (I, n. 173) parla di satelliti del pianeta, di tempo in tempo quasi furtivamente osservati; non nasconde però i suoi dubbi sulla loro esistenza reale. Egli scambiò evidentemente stellette fisse, vedute presso il pianeta per satelliti. (1) Lo stesso autore riferisce di avere veduto un certo chiarore presso Marte a foggia di chioma (*visum Martem saepe gubatum*), fenomeno che proveniva probabilmente dal fatto che le lenti del suo telescopio non erano ben centrate. Lo stesso **Hevel**, osservatore del resto accurato ed assiduo (n. 202), riproducendo un disegno del pianeta, (2) secondo un'osservazione fatta nel 1645, esagera non poco la fase planetaria, la quale si rassomiglia piuttosto a quella del *Primo Quarto* della Luna, che al disco gibboso di Marte. Anche l'**Huygens**, noto pe' suoi molteplici meriti per gli studi astronomici (da noi molte volte citati) ci ha lasciato un disegno di Marte dietro un'osservazione fatta nel 1656, che rappresenta il disco planetario cinto con una larga striscia orizzontale, la quale non si vede mai in quel modo. (3) Non è però improbabile, come nota l'autore d'una bella opera su Marte, Camillo Flammarion, (4) che qui abbiamo un primo accenno alle due **calotte bianche** polari del pianeta, una delle quali apparisce per la prima volta più chiaramente in un disegno fatto dallo stesso osservatore nel 1672. Tutte queste osservazioni dubbie ed incerte confermano di nuovo quanto erano imperfetti i telescopi di quei tempi (I, n. 174).

353. — I primi, che videro più distintamente le **vere macchie** della superficie planetaria, erano i PP. **Riccioli** e **Grimaldi**, i quali nel 1651 (e di nuovo nel 1653 e 1657) os-

(1) *Oculus Enoch et Eliae, sive radius sydero-mysticus.* Antwerpiae, 1645, l. 4, praef. et c. 4. Due satelliti di Marte sono veramente stati scoperti nel 1877, ma era certamente impossibile vederli cogli strumenti di quel tempo.

(2) *Selenographia*, p. 66 sgg. Evelio soggiunge espressamente d'aver veduto *Martem dichotomum*. Teoricamente anche Keplero era di opinione che la fase di Marte al tempo della quadratura potesse raggiungere la *dichotomia* (Op. omn. VI, 486), mentre arriva appena ad una fase simile a quella della Luna 3 giorni prima o dopo il plenilunio.

(3) Hugenii Opera (Hagae Comitum, 1724), II, 540.

(4) *La planète Mars* (Paris, 1892), 14, 32.

Digitized by Google

servarono più volte una grande macchia nera, composta di molte piccole (*velut ex multis conflata*);[1] ma non dicono niente dello spostamento di queste macchie, la determinazione del quale fu riservata al lodato **Ugenio** (Huygens). Da osservazioni fatte nel 1659, questo insigne astronomo conchiude, che Marte gira intorno ad un asse proprio nello spazio di circa 24 ore (*spatio circiter 24 horarum*) ossia che il periodo della **rotazione** del pianeta sia poco differente da quello della Terra.[2] L'astronomo pontificio di Bologna, **Giovanni Dom. Cassini**, determinò (1666) più accuratamente il periodo della rotazione ($24^h\ 40^m$) per mezzo dello spostamento apparente delle macchie da est verso ovest, dal quale rilevò allo stesso tempo che il **piano equatoriale** del pianeta è poco inclinato all'eclittica. Egli notò anche una certa depressione polare del pianeta. Le osservazioni del Cassini furono, in sostanza, confermate da quelle del Campana, dai due fratelli De Serra ed altri osservatori romani;[3] soltanto intorno al periodo della rotazione, che i De Serra volevano ridurre a 12 o 13 ore soltanto, nacque una vivace controversia. Le ragioni migliori stavano senza dubbio dalla parte di Cassini; poichè la rotazione del pianeta realmente si fa in $24^h\ 37^m\ 22^s,6$.

354. — Le osservazioni degli astronomi inglesi Hook (1666) e Flamsteed (1672) non aggiunsero niente di nuovo ai risultati fino allora ottenuti. **Meraldi** (nipote del Cassini), osservando in Parigi, determinò (1704) più accuratamente la rotazione, trovandola uguale a 24 ore 38 minuti;[4] egli scoprì allo

(1) Riccioli, *Astronomia reformata* (Bononiae, 1665), 372.

(2) Cfr. Terby, *Aréographie* (Académie de Belgique, 1875), 8. Bisogna però aggiungere, con questo autore, che Ugenio non più tardi del 1659, dubitava di nuovo di questa sua determinazione, non vedendola confermata dalle osservazioni di quest'anno. Nell'opera *Cosmotheoros* però, pubblicata nel 1698 (p. 16), asserisce, senza esitazione veruna, la rotazione di Marte.

(3) Cfr. Flammarion (l. c.), 16 sg.

(4) Più tardi (1719) lo stesso Meraldi ritornò al periodo del Cassini, di 24 ore e 40 minuti (l. c. 39). Questa indecisione intorno a pochi minuti non reca maraviglia, considerando i disegni del pianeta fatti in quel tempo, che difficilmente si identificano con le carte più particolareggiate della superficie planetaria, che ora possediamo. Talvolta l'imperfezione del disegno è senza dubbio dovuta alla poca abilità dell'osservatore, di riprodurre col

Digitized by Google

stesso tempo le due calotte polari bianche, più fulgenti del resto del pianeta, il quale (come è noto) ha una luce piuttosto rossa. Meraldi distinse anche per la prima volta queste **macchie variabili** e le macchie oscure, più o meno costanti (come quelle della Luna); osservò inoltre che la macchia del polo Sud aveva una **posizione eccentrica** relativamente al polo areografico, non rimanendo sempre ugualmente visibile durante la rotazione del pianeta. Meraldi non dice niente della natura di queste macchie; dal titolo d'una memoria (*De Marte conglaciante*), pubblicata in Lipsia, nel 1738, da G. M. Bose, si vede che sin d'allora si cominciò a pensare a ghiaccio o neve in quelle regioni marziali.

355. — Dopo le osservazioni del Meraldi, le cognizioni intorno alla fisica costituzione del pianeta rimasero per un secolo intero allo stesso punto, cioè fino al tempo del celebre W. **Herschel** (scopritore del pianeta Urano. I, n. 180). Herschel osservò Marte co' suoi potenti strumenti, specialmente negli anni 1777, 79, 81 ed 83; i risultati di queste osservazioni (con molti disegni) trovansi pubblicati in varie memorie dell'Accademia di Londra. (1) Però anche questi disegni evidentemente non furono fatti nell'intenzione di stabilire una *geografia* o meglio *areografia* della superficie planetaria, ma piuttosto (come apparisce dal testo delle memorie citate) per controllare il moto delle macchie, particolarmente di quelle polari. Dalla posizione e variazione di queste calotte bianche Herschel conclude che esse debbono la loro origine a grandi depositi di ghiaccio e neve accumulati durante la stagione invernale del pianeta, i quali poi in gran parte si disciolgono nella stagione estiva. Egli osserva giustamente, come l'inclinazione dell'asse di rotazione verso il piano dell'orbita debba produrre in ogni rivoluzione del pianeta intorno al Sole un cambiamento delle varie **stagioni**, simile a quello che sperimentiamo sulla Terra. Siccome però l'anno di Marte (di 687 giorni) è quasi il doppio del nostro anno terrestre,

disegno quello che osservò nel telescopio; altrimenti non si capirebbe, come si poteva precisare così bene il ritorno della stessa macchia, o piuttosto dello stesso punto d'una macchia, al meridiano centrale del disco apparente.

(1) *Philosophical Transactions* for 1781 e 1784.

Digitized by Google

così le singole stagioni su Marte hanno una durata quasi del doppio più lunga.

356. — Herschel determinò anche più precisamente l' **inclinazione** del piano equatoriale di Marte all'eclittica, trovandola uguale a $28°\,42'$ col nodo ascendente corrispondente a $19°\,28'$ del Sagittario. Distinguendo poi più precisamente tra le due rotazioni (*sinodica* e *siderale*, n. 275), assegna alla seconda il tempo periodico di $24^h\,39^m\,22^s,1$, alla prima il valore medio di $24^h\,38^m\,20^s3$. L'inclinazione dell'asse di rotazione spiega perfettamente la variabile visibilità, ora del polo sud, ora del polo nord. La teoria poi di ghiaccio e neve involve già quella di un'**atmosfera marziale**, ma l'Herschel precisò anche il concetto d'una tale atmosfera, deducendo dalla visibilità di parecchie stellette in prossima vicinanza al pianeta, che quest'atmosfera non poteva essere troppo estesa, [1] che d'altronde la variabilità di certe ombre transitorie, che sembrano nubi, attestava l'esistenza della medesima.

357. — Un progresso segnalato nella cognizione delle condizioni astrofisiche di Marte fu fatto dall'astronomo tedesco **J. H. Schröter** di Lilienthal, il quale studiò Marte per ben 18 anni, cioè dall'anno 1785 fino al 1803. Il risultato delle sue osservazioni, fatte con un buon riflessore di circa 4 metri (13 piedi) di lunghezza, si trova riunito in una grande opera di 447 pagine con 230 disegni, pubblicata nel 1881 dal direttore dell'osservatorio di Leida. [2] Schröter è il primo che nota la grande somiglianza, che esiste tra la costituzione di Marte e quella del nostro globo terrestre. Nelle macchie oscure variabili egli crede di vedere delle **nuvole** atmosferiche, le quali, benchè girino col pianeta intorno al medesimo asse, nondimeno per la loro mobilità

(1) Cassini aveva osservato la scomparsa d'una stella alla distanza di 6' dal disco planetario; Herschel che vide le dette stellette (di XII e XIII grandezza ancora distanti 3' 9" e 2' 56" rispettivamente, ascrive l'osservazione del Cassini allo splendore del pianeta in quell'epoca. Difatti, le stelle osservate fino al momento della loro occultazione dietro il disco planetario hanno dato ragione a questa interpretazione. Cfr. Flammarion, l. c. 60.

(2) H. G. Van de Sande Bakhuyzen, *Areographische Beiträge zur genauern Kenntniss und Beurtheilung des Planeten Mars*, von Dr. I. H. Schröter († 1816). Leiden, 1881.

Digitized by Google

impediscono l'esatta determinazione della durata di rotazione, che secondo lui avrebbe il valore medio di $24^h\ 39^m\ 50^s$. Trovata questa, egli cerca di determinare il moto proprio di quelle nuvole e con ciò la direzione e la velocità delle correnti atmosferiche predominanti. In quanto alle calotte polari Schröter conferma le osservazioni di Herschel; esse dipendono colla loro forma e grandezza dal cambiamento delle stagioni marziali, e suggeriscono quindi da sè l'idea di precipitazioni atmosferiche, simili alla nostra neve. [1] L'infaticabile osservatore (1788) si occupò pure delle dimensioni dei vari diametri del disco apparente di Marte, e trovò che il diametro polare sembra 1/15 più corto dell'equatoriale, valore che confermava quello già stabilito (1784) dall'Herschel di 1/16. Osservazioni però più recenti, fatte nel 1798 in condizioni più favorevoli, riducevano assai questo risultato, dando un rapporto dei due accennati diametri di 80 a 81 soltanto, [2] ossia una **depressione polare** di 1/81. La divergenza dei risultati (secondo Schröter) sarebbe dovuta alla rifrazione atmosferica dei raggi luminosi sul pianeta stesso.

358. — Schröter, aiutato dal suo amico **Olbers**, precisò anche meglio i vari **elementi areografici**, determinando il punto celeste (lat. 60° 33′ 12″; long. 172° 54′ 44″) verso il quale era voltato il polo nord dell'asse planetario; donde seguiva un'inclinazione di 27° 56′ 51″ dell'equatore verso il piano dell'orbita e la longitudine del nodo ascendente 264° 53′ 35″. Dalle varie misure del diametro del pianeta egli deduce che questo, veduto dalla distanza media della Terra (dal Sole), misurerebbe 9″,84.

Nei molti disegni dell'astronomo di Lilienthal, si riconoscono una buona parte di macchie oscure, oggi accertate come fisse, ed appartenenti indubitatamente alla superficie del pianeta; ma il loro aspetto poco costante fece sì che Schröter

(1) Schröter nota però che il cambiamento non è legato strettamente al cambiamento delle stagioni; la ragione di ciò (non indicata) si dovrà probabilmente ricercare nell'eccentricità considerevole dell'orbita planetaria (I, n. 593).

(2) Le determinazioni moderne dànno un valore ancora più piccolo di 114 : 115 (Kaiser), anzi di 279 : 280 (Winnecke). Cfr. *Astronom. Nachr.* Bd. 48, 102; Bd. 62, 52.

Digitized by Google

tenne sospeso il suo giudizio intorno alla loro natura; anzi egli perseverò piuttosto nell'opinione, trattarsi di fenomeni meramente atmosferici, e ciò a cagione dei contorni confusi, mutabili ed incerti di quelle configurazioni.[1]

359. — Il primo a sostenere che le macchie oscure appartenessero ad una stabile conformazione della superficie del pianeta, fu l'astronomo Kunowski, il quale avendo osservato Marte nel 1821, pubblicò nell'anno seguente i risultati di queste osservazioni nel *Berliner Jahrbuch* (I, n. 110) pel 1825. Oltre i già menzionati, **altri astronomi** si occuparono del nostro pianeta, come l'Arago (1811-47), il Gruithuisen (1813-47), l'Harding (1824), senza però avanzare sensibilmente le cognizioni areografiche o areologiche. Tuttavia la conferma dei risultati precedenti fin allora ottenuti è un frutto di questi lavori, i quali (coi molteplici disegni) formano sempre un prezioso materiale pei confronti da farsi con le osservazioni moderne. Con essi si chiude un primo periodo storico delle osservazioni astrofisiche del pianeta, **la massa** del quale, secondo i calcoli fatti dal Delambre,[2] sta a quella del Sole come 1 : 2 546 320.

Art. II. — Areografia moderna.

360. — Un nuovo periodo nella descrizione della superficie del pianeta Marte comincia cogli studi che ne fecero i due astronomi berlinesi (già conosciuti pei loro lavori selenografici, n. 219), **Beer** e **Mädler**. Essi adoperarono uno strumento

(1) Se le macchie suddette fossero veramente nuvole, esse invece di essere oscure dovrebbero riflettere la luce con maggiore intensità. Schröter opinando contrariamente, fu in ciò ingannato da un'osservazione fatta nelle Alpi, dove le nuvole basse nella luce solare riflessa, sembravano più oscure delle montagne. Il caso eccezionale (n. 90) fu certamente dovuto a cause particolari. Del resto l'opinione di Schröter fu adottata anche dall'astronomo francese Flaugergues, che osservò Marte nelle varie opposizioni, occorrenti dal 1796 al 1813, senza scoprirne qualche cosa di nuovo, se non che il cambiamento delle calotte polari accennava a condizioni climatiche diverse da quelle terrestri. Cfr. Flammarion, l. c. 84 sgg.

(2) La scoperta dei satelliti ha fornito un metodo più preciso per la determinazione della massa, cioè 1 : 3 093 500; la massa di Marte sta quindi a quella della Terra come 1 : 10, ossia 1 : 10,5.

Digitized by Google

relativamente modesto di 108^{mm} di apertura (dell'eccellente fabbrica di Fraunhofer), col quale però, favoriti dalla distanza minima del pianeta dalla Terra nel 1830, ottennero risultati rispettabili. Studiando particolarmente i cambiamenti delle calotte polari (secondo essi), in realtà, benchè non sempre in apparenza, diametralmente opposte, trovarono, che l'emisfero australe (a cagione dell'eccentricità dell'orbita, n. 357, nota 1), ha un estate più caldo ed un inverno più freddo dell'emisfero boreale, essendo il primo (contrariamente al secondo), rivolto verso il Sole nel perielio ed avverso nel-

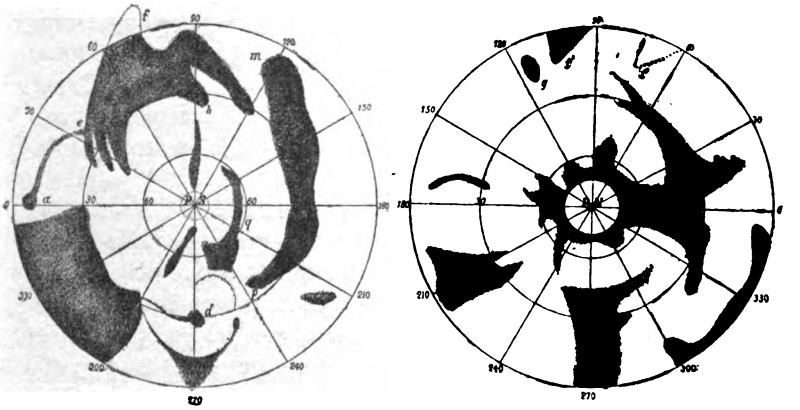


Fig. 103. Primo mappamondo del pianeta Marte, fatto dal Mädler nel 1840.

l'afelio. Per la medesima ragione l'estate è più corto dell'inverno nell'emisfero australe; mentre il boreale ha l'estate temperato e prolungato in confronto dell'inverno mite e più corto. Conseguentemente le **condizioni climatiche** nei due emisferi sono ben diverse.(1) Le osservazioni dei due astronomi tedeschi non lasciano più dubbio sulla stabilità delle macchie oscure, le quali secondo nuove osservazioni del 1832 erano rimaste le stesse del 1830, senza cambiamento di posizione

(1) Un anno su Marte dura 669 $^2/_3$ giorni siderali; cioè in una rivoluzione intorno al Sole il pianeta relativamente al Sole compie 668 $^2/_3$ rotazioni intorno al suo asse, di questi giorni solari marziali le quattro stagioni dell'emisfero boreale contano rispettivamente: la primavera 191 $^1/_3$, l'estate 181, l'autunno 149 $^1/_3$, l'inverno 147 (cfr. I, n. 344).

Digitized by Google

relativa. Per la qual cosa essi osarono per la prima volta dare (1840) una carta generale della superficie planetaria, in due proiezioni polari, riprodotte nella presente figura 103. A sinistra si vede l'emisfero australe col polo Sud (P S), a destra quello boreale col polo Nord (P N).

361. — Questo mappamondo di Marte (da noi ridotto a metà della scala originale)[1] forma un documento classico dell'areografia, ed ha servito, per più di trenta anni dopo, come campione di confronto per simili studi topografici del pianeta. Le macchie nere del medesimo appariscono ancora di contorni arrotondati e poco precisi; e tali furono osservati dai medesimi autori; nondimeno la stabilità relativa delle medesime permise di costruire la rete di circoli areografici (riprodotta nella carta), che fa vedere la loro posizione relativa. Come *mira* per il meridiano iniziale, servì l'estremità globolare *a* di una specie di canale lungo *e a*[2] non molto distante dall'equatore verso Sud.

Da questo le longitudini areografiche sono contate da est verso ovest. Quanta fosse la precisione delle osservazioni di Mädler vedesi dalla nuova determinazione della rotazione del pianeta, della quale qui troviamo indicati non solamente i secondi, ma anche la frazione del secondo (cioè $24^h\ 37^m\ 20^s,4$).[3] Le osservazioni, riprese nel 1838 e 1839 all'osservatorio Reale di Berlino, coll'equatoriale di 9 pollici (0,22 cm.) di apertura, confermarono quelle fatte fin allora; ma siccome le condizioni dell'opposizione del pianeta erano

(1) In quanto alle varie configurazioni, indicate dalle lettere è da notarsi (col Flammarion, l. c. 107) che la posizione della macchia *f'* nell'emisfero Nord è sbagliata, dovendo essa occupare piuttosto la posizione indicata dalla linea punteggiata *f*, la quale nell'emisfero Sud forma la continuazione della grande macchia *e h* oltre l'equatore. Del resto ci piace di aggiungere qui il giudizio di Schiaparelli secondo il quale la precisione di questa carta, tanto per esattezza generale nelle disposizioni delle macchie più salienti, quanto ai minuti particolari lascia ben poco a desiderare, cosicchè (secondo lo Schiaparelli) Mädler per la medesima merita il titolo di *vero fondatore dell'Areografia nel senso scientifico e geometrico della parola* (SCHIAPARELLI, *Il pianeta Marte*. Roma, 1878, 96).

(2) Il canale suddetto nella nomenclatura poscia introdotta da Schiaparelli, è chiamato *Nilus*, l'estremità *lacus niliacus*.

(3) Determinazioni più recenti ($24^h\ 37^m\ 23^s,7$) aggiungono soltanto $1^s,1$ al suddetto valore.

Digitized by Google

meno favorevoli, poco di nuovo si potè aggiungere ai risultati già ottenuti. Lo stesso dicasi delle osservazioni di Mädler, fatte nel 1841 all'osservatorio di Dorpat.[1]

362. — Sulla natura delle cose vedute i due osservatori non vollero pronunziarsi. Meno riserbo in questo riguardo usò l'astronomo inglese **John Herschel**, figlio del precedente W. Herschel (n. 335). Nell'opera, pubblicata 1849 sotto il titolo *Outlines of Astronomy* (pag. 312), egli dice di Marte che le varie parti, così ben distinte sulla superficie del pianeta, potranno essere considerate come **continenti e mari**. I continenti si distinguono per la luce rossiccia, caratteristica di Marte, la quale secondo Herschel sarebbe dovuta al colorito del terreno stesso, somigliante alle nostre arene rosse; i mari invece riflettono una luce più oscura e verdastra. I cambiamenti accidentali dei contorni degli uni e degli altri sarebbero il risultato di cambiamenti atmosferici sullo stesso pianeta; le macchie polari sarebbero dovute alla neve, come vedesi specialmente dalla maggiore estensione che mostrano, quando emergono dalla lunga notte degli inverni rispettivi.

363. — Frattanto le osservazioni si moltiplicarono. Molti astronomi di nome, come Bessel, Galle, J. Schmidt, J. W. Grant, De La Rue, Webb, Arago, Winnecke studiarono le condizioni astrofisiche di Marte per una trentina di anni (1830-60), e ci lasciarono molti bei disegni del disco apparente osservato. I risultati però forniscono appena qualche cosa di nuovo sulla costituzione del pianeta. **Arago**[2] ricorda una cosa degna di attenzione sul **colore rosso** di Marte, notando che l'intensità di questo colorito sembra maggiore, se il pianeta è veduto ad occhio nudo, che quando viene osservato col telescopio; anzi col crescere dell'ingrandimento diminuisce pure nello stesso telescopio.

All'interpretazione di Giov. Herschel, che il colore sia semplicemente dovuto alla natura del terreno, egli aggiunge quest'altra non del tutto nuova, che quel colore potrebbe pure

(1) Le osservazioni furono pubblicate nelle *Astron. Nachr.* degli anni rispettivi; i varii articoli trovansi però anche riuniti in una memoria intitolata: *Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischen Körper im Sonnensystem* (Weimar, 1841).

(2) *Astronomie populaire* (œuvre posthume), tome IV (Paris, 1857), 137.

Digitized by Google

essere l'effetto di qualche vegetazione speciale. La tinta verdastra dei mari sarebbe il semplice risultato di contrasto. La presenza di un' atmosfera viene confermata dal fatto, che le macchie perdono la nettezza dei loro contorni, quando arrivano al lembo del disco visibile.

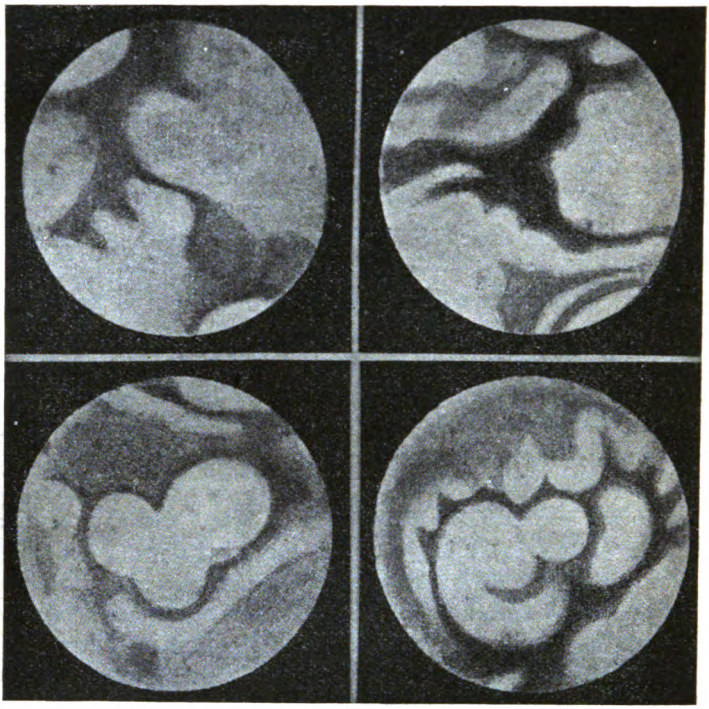


Fig. 104. Disegni di Marte, fatti dal P. Secchi nel 1858.
[1 e 2 regioni equatoriali opposte, 3 e 4 regioni circumpolari Nord e Sud].

364. — Siamo così arrivati al tempo del **P. Secchi**, il quale fece una serie di osservazioni di Marte durante l'opposizione del 1858, che trovasi descritta nelle *Memorie* dell'osservatorio del Collegio Romano (1859, pag. 17–24). Aiutato dal suo assistente P. Cappelletti, egli ottenne circa settanta disegni della superficie planetaria, i quali superano in perfezione tutto quello che era stato fatto fin allora. Dei venti disegni, pubblicati nella citata *Memoria*, riproduciamo qui (Fig. 104)

Digitized by Google

quattro dei più caratteristici. I due primi, fatti nelle sere dell'11 e 20 giugno 1858, rappresentano due aspetti opposti del pianeta, copiati direttamente all'equatoriale; i due altri sono costruzioni artificiali delle due regioni polari Nord e Sud, composte però fedelmente dietro le osservazioni. Secondo la descrizione del P. Secchi, le **macchie polari** non sono semplici calotte, ma un insieme di macchie bianche arrotondate con centri diversi. Il loro splendore è tale che per l'irradiazione sembrano eccedere i contorni circolari del disco apparente e per conseguenza rendono difficile la determinazione d'una depressione polare del pianeta.

365. — In quanto alle macchie oscure, il Secchi insiste particolarmente sul colorito diverso delle medesime, come delle parti più luminose della superficie planetaria. Le macchie principali erano (in quell'anno) di color rosso, azzurro e giallo, ed alcune, forse pel contrasto, di colore verdino. Si notava inoltre che il pianeta, veduto ad occhio nudo, appariva sempre più rosso, allorquando nel cannocchiale non aveva macchie azzurre molto notabili; il che potrebbe dar lume intorno all'origine della variabilità di luce anche di altre stelle. Le macchie vieppiù rimarchevoli furono notate con nomi particolari, come per es. la striscia oscura che congiunge (nel primo disegno, fig. 104) il gruppo superiore (australe), attraverso l'equatore coll'inferiore (boreale), ricevette dal Secchi il nome di *Istmo*, la macchia grande di forma triangolare in mezzo al secondo disegno (notata nel giornale di osservazione col nome significante di *Scorpione*), fu dipoi chiamata *Canale atlantico*.[1] Questi due canali di colore azzurro circondano una grande *isola rossa*, che occupò un'estensione longitudinale di circa 150°. Il P. Secchi parla per la prima volta di **nubi** nell'atmosfera di

(1) Confrontando questi disegni colle carte anteriori e posteriori, si riconoscono nel *Canale atlantico* facilmente la configurazione *f* di Mädler (Fig. 103), il mare *Kaiser* di Proctor (Fig. 105) e la *Gran Sirte* di Schiaparelli (Fig. 106). Similmente l'*Istmo* del Secchi corrisponde allo *Stretto di Dawes* del Proctor, ed al *Ganges* di Schiaparelli. Nelle due proiezioni polari (Fig. 104) si riconosce facilmente nella parte superiore della prima (nord) e nella inferiore della seconda (sud), il detto *Canale atlantico*. Altri vedevano in questa configurazione una *clessidra* (oriuolo da sabbia, cfr. Flammarion, l. c. 53), donde il nome francese *Mer de sablier*.

Digitized by Google

Marte, che a foggia di cirri ricoprivano il grande *Canale atlantico*, spiegando con ciò perchè il colore rosso della superficie planetaria non è uniforme, ma screziato e come diffuso a punteggiature.

366. — Un confronto dei disegni degli osservatori del Collegio Romano con quelli del Mädler, fatti circa 30 anni prima, sembrerebbe indicare **mutazioni notabilissime**; per la qual cosa il P. Secchi invitava gli astronomi, provvisti di forti strumenti a farvi molta attenzione nella seguente opposizione favorevolissima del 1860. Il primo fatto notevole, osservato in quest'anno dallo stesso P. Secchi, si fu che le macchie allora molto più rassomigliavansi a quelle notate dal Mädler, e ciò forse, perchè la posizione relativa del pianeta era presso a poco quella del periodo (1830), nel quale fu composto il mappamondo di Beer e Mädler. Il cambiamento notevole della macchia polare del Sud, ora rivolta verso il Sole (e bene visibile sulla Terra al tempo dell'opposizione), dice il Secchi, è evidentemente dovuto alla fusione della neve nelle regioni polari. Esistono dunque in Marte non solamente acqua liquida, ma veri mari. Il terreno, dove erano scomparse le nevi, ora presentava un color rosato, quale è quello dei continenti. L'esistenza d'un atmosfera è inoltre confermata dall'assorbimento della luce agli orli del disco. Insomma dalle osservazioni di quell'anno (benchè fatte con minore frequenza), risulta che oltre le macchie permanenti vi sono delle variabili, le quali richiedono uno studio più approfondito e perseverante.[1] Lo spettro di Marte (qui per la prima volta osservato) presentava, come quello degli altri pianeti, le righe principali dello spettro solare riflesso; le righe d'assorbimento, D nel giallo ed F sui confini tra il verde ed azzurro, assai larghe, accusavano un'azione particolare dell'atmosfera planetaria. Il rosso era assai vivo, il verde molto pallido, il

(1) *Memorie dell'osservatorio del Collegio Romano*, 1863, pag. 76–79 con 8 figure. Troviamo quivi un'estensione di nomenclatura particolare applicata a varie configurazioni come i nomi *Caboto, Franklin, Colombo, Marco Polo* (celebri navigatori). Il P. Secchi espresse, specialmente nel 1858, la sua meraviglia, che quella macchia, notata dal Mädler a guisa di palla sospesa da un filo, che servì al medesimo come mira del meridiano iniziale (n. 361), non trovavasi nei disegni romani (l. c. pag. 19).

Digitized by Google

giallo forte, il violetto invece assai debole e corto, e l'indaco mancava del tutto.(1)

367. — All'appello, fatto dal P. Secchi ai suoi colleghi (nel 1858), fu corrisposto (1862) da varii astronomi tra i quali figurano coi loro potenti strumenti (I, n. 181) un Lord Rosse e W. Lassell. I loro disegni confermano generalmente le cose già vedute dai loro predecessori.(2) In modo particolare il celebre Lockyer in Inghilterra ed il Kaiser in Olanda dettero le loro contribuzioni al progresso dell'areografia. Il **Lockyer** non dubita più che le mutazioni accidentali, osservate talvolta in periodi brevissimi, siano dovute al passaggio di nuvole, a nebbie e simili **condensazioni di vapori** atmosferici del pianeta. In conferma di ciò adduce un disegno fatto (pochi minuti dopo il suo) dal signor Dawes, nel quale una configurazione, veduta nell'altro confusamente, era ben chiara e definita (*le nuvole si erano dissipate*).(3) Egli nota anche che i *mari* offrono varii gradi di oscurità, e che qualcheduno di essi sembra interrotto da tratti di terraferma.

368. — L'astronomo che più si segnalò tra i suoi colleghi per le osservazioni pregevoli del pianeta nelle opposizioni 1862 e 64 fu il già lodato **F. Kaiser**, direttore dell'osservatorio di Leida,(4) il quale pubblicò un nuovo **mappamondo del pianeta** in due proiezioni polari ed uno sviluppo cilindrico (I, n. 75) equatoriale, nel quale si vedono registrate tutte le configurazioni di questo mondo lontano osservate dall'autore.(5) Il meridiano iniziale della carta passa per una macchia rotonda ovale, già notata in quella di Mädler (*d*, Fig. 103) alla lati-

(1) Loc. cit. pag. 125.

(2) Cfr. Terby, *Aréographie*, ou étude comparative des observations faites sur l'aspect physique de la planète Mars 1636-1873. Bruxelles, 1876.

(3) *Memoires of the Royal Astronom. Society*, tomo 32, p. 179-190. Il Lockyer nota un fatto curioso, che un giorno, quando Marte era coperto dalle nuvole terrestri, vide soltanto la calotta polare a foggia di nebulosa attraverso le medesime.

(4) *Untersuchungen über den Planeten Mars.* Annalen der Sternwarte. III. Band, Haag, 1872.

(5) La parte debole della carta di Kaiser si è, che le configurazioni sono delineate con contorni troppo nebulosi e non si sa bene se questo difetto sia dovuto al suo strumento, all'occhio dell'osservatore, ovvero all'atmosfera olandese. Cfr. Schiaparelli, *Il pianeta Marte*, Roma, 1878, pag. 97.

Digitized by Google

tudine australe di 30° (secondo Kaiser di 26°), la quale più tardi ricevette da Schiaparelli il nome di *Solis lacus*; essa trovasi alla longitudine di 270° (ossia 90°, secondo il meridiano iniziale di Mädler). Questa macchia eccitò più delle altre l'attenzione del Kaiser. Da un numero di 67719 rotazioni del pianeta, trascorse dopo le osservazioni del Huygens (n. 352), egli dedusse per le singole il valore di $24^h\ 37^m\ 22^s,6$.

369. — Dopo il Kaiser meritano speciale menzione le osservazioni dell'inglese W. R. Dawes, il quale (1865) arrivò a nuove conclusioni sull'**atmosfera di Marte.** Quest'atmosfera, dice egli, deve essere meno considerevole della terrestre, poichè si vedono generalmente tutte le varie configurazioni della superficie planetaria. La deformazione delle configurazioni sarà quindi piuttosto dovuta a cambiamenti superficiali che a mutazioni atmosferiche. Dal fatto poi, che il pianeta apparisce più verso il centro del disco apparente, si può concludere, che la causa di questo colore non è da ricercarsi nell'atmosfera.

Un nuovo elemento fu aggiunto alle ricerche finora enumerate dallo **Zöllner**, il quale (1864), fece delle **osservazioni fotometriche** (n. 82), e trovò che l'*albedine* di Marte, ossia il suo potere riflettente medio (0,267), supera poco quello della Luna (0,174) ed è pressochè quello della sabbia bianca (0,237).[1] Osservazioni spettroscopiche di Huggins, Miller, Rutherfurd, Vogel, ecc., confermarono in generale quelle già menzionate dal P. Secchi (n. 366); dopo la riga F di assorbimento si scoprirono una serie di strisce oscure quasi equidistanti, che oscurarono non poco quella parte dello spettro fino all'estremità del violetto.

Apparati più potenti risolvettero quelle strisce in altrettanti gruppi di linee, le quali però cambiano in intensità. Ciò dimostra di nuovo che le mutazioni nell'atmosfera del pianeta, influiscono sul potere assorbente della medesima rispetto alla luce solare.[2]

(1) *Photometrische Untersuchungen*, Leipzig, 1865. Zöllner trova il potere riflettente dei pianeti Giove (0,624) e Saturno (0,498) molto maggiore, e ciò si spiega dall'atmosfera più considerevole di questi pianeti; quello di Giove è quasi uguale al potere riflettente della carta bianca (0,700).

(2) Cfr. Flammarion, l. c. 183.

Digitized by Google

370. — Sarebbe cosa troppo lunga se volessimo qui ancora enumerare i lavori di tanti altri astronomi che dal 1864 in poi coltivarono questi studi, tra i quali, oltre i già enumerati, si segnalarono l'astronomo belga T. Terby di Lovanio, i francesi Flammarion, Meunier; i tedeschi Schmidt, Wolf, Lohse; gl'inglesi Phillips, Browning, Proctor, Green, Webb; gli americani Trouvelot, Holden ecc. Col progresso delle cognizioni aerografiche si sentiva sempre più il bisogno di una **nomenclatura fissa** delle varie confi-

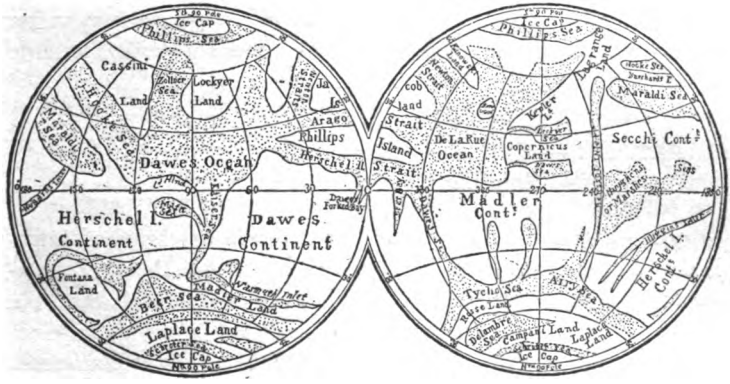


Fig. 105. Planisferio di Marte secondo Proctor, 1867.

gurazioni. Il primo che si accinse ad un tale lavoro, fu il citato **Proctor**, della carta del quale riproduciamo qui un facsimile (Fig. 105) non tanto per il merito intrinseco del lavoro, quanto per la ragione che essa contiene come in un compendio sinottico le cose fin qui esposte ed i nomi degli astronomi più assidui nelle osservazioni suddette.[1] Proctor fece anche più

(1) Per facilitare l'interpretazione dei varii nomi inglesi aggiungiamo qui il significato italiano: *Land* (terra), *sea* (mare), *strait* (stretto), *island* (isola), *isle* (isoletta), *inlet* (passaggio), *bay* (baia), *ice cap* (calotta di ghiaccio). Che tra i nomi scelti dal Proctor un posto tanto onorifico è dato al Dawes (n. 369), si spiega da ciò che i disegni di questo astronomo gli servirono specialmente nella composizione della carta. Questo uso di osservazioni di altri è però stato allo stesso tempo una sorgente di parecchi errori, notati specialmente da Schiaparelli nella carta del Proctor. Tutte le latitudini australi da 30° in su sono stranamente esagerate, le regioni polari del tutto fantastiche. La nomenclatura però (seguendo il

Digitized by Google

accurate misure del periodo della rotazione; accertando finalmente dopo minutissimi calcoli il decimo di secondo, egli trovò la rotazione siderale del pianeta uguale a $28^h\ 37^m\ 22^s,7$. La detta carta può considerarsi, come il bel risultato finale dei lavori finora compiuti. Quello che risalta subito allo sguardo è la prevalenza dell'elemento acquoso nell'emisferio australe, dei continenti invece nel boreale; quest'ultimo per conseguenza forma un rilievo nella superficie planetaria. La depressione polare difficilmente osservabile (n. 364), teoreticamente non sorpassa $^1/_{217}$, essendo questo il rapporto della forza centrifuga a quella della gravità. Di elevazioni montagnose non vi ha finora evidenza, se non dal cambiamento del potere riflettente di certe regioni, che potrebbe risultare dalle medesime.

Art. III. — Progressi areografici dopo il 1877. Scoperte di Schiaparelli.

371. — Il tempo opportuno per le osservazioni astrofisiche del pianeta sono le opposizioni, quando Marte, pienamente illuminato dal Sole, si trova nella massima vicinanza alla Terra. Ma siccome queste opposizioni nel decorso di circa 15 anni accadono in varii punti dell'orbita, e l'orbita stessa per la sua eccentricità non ha dappertutto la medesima distanza dall'orbita terrestre, vi è pure qualche differenza nelle stesse opposizioni; cosicchè le une sono più favorevoli all'osservazione delle altre. Così **anni più favorevoli** furono quelli del 1862, 1877 e 1892; e lo sarà di nuovo l'anno 1909. Per questa sola differenza di distanza il massimo diametro apparente del pianeta al tempo dell'opposizione può variare tra 14″ e 30″ (secondi di arco).

Dopo le scoperte fatte fin'allora era da aspettarsi, che pel 1877 gli astronomi si preparassero dappertutto a sorvegliare il pianeta, per strappargli nuovi segreti durante la sua grande vicinanza alla Terra. Il Flammarion preparò una

sistema già usato dal Riccioli per la Luna, n. 204), non è stata adottata universalmente, come vedremo appresso; e ciò forse per la ragione che oltrechè il Proctor abbia dato troppa preferenza ai suoi compatrioti, lo stesso nome si ripete per varie configurazioni, come *Dawes ocean, Dawes continent, D. sea, D. strait, D. isle, D. bay* ecc.

Digitized by Google

nuova carta planisferica, accomodando un po' meglio all'uso comune quella del Proctor, di cui riformò pure la nomenclatura.[1] L'anno 1877 si fece più memorabile nella cronaca degli studi di Marte, per l'inaspettata scoperta (27 ag. 1877) dei due satelliti, dei quali tratteremo più sotto in un articolo particolare.

372. — Un primo frutto delle molte osservazioni, fatte nel 1877, fu una nuova carta areografica, pubblicata dall'astronomo inglese **N. E. Green.**[2] Questi avea nell'isola di Madera, all'altezza di 670 metri, preparato un osservatorio con un riflettore Newtoniano (I, n. 178) di 30 cm. di apertura, per mezzo del quale ottenne un buon numero di eccellenti disegni, che servirono poi alla composizione della carta. In questa non si trova nessuna configurazione, che non sia stata osservata dall'autore, e perciò essa differisce considerevolmente in alcuni particolari dalle precedenti. Una cosa nuova fu la neve notata dal Green in prossimità della calotta polare australe, ma isolata dalla medesima. L'autore parla anche di un canale, che congiunge l'oceano *De La Rue* col mare *Terby* (cfr. *Lockyer Sea*, fig. 105); aggiunge però che la sua forma sottile è dovuta al vederlo in iscorcio; trovandosi in mezzo al disco, il canale rappresenta invece un piccolo lago, nettamente distinto tra i suddetti mari.[3]

373. — Fra i nomi finora menzionati degli osservatori di Marte, se eccettuiamo quello del Secchi (n. 364), appena occorre un astronomo italiano.[4] Questa lacuna fu empita gloriosamente dal 1877 in poi, quando **Schiaparelli** in Milano cominciò a dirigere con successo incomparabile il suo equatoriale di Merz (di 218 mm. di apertura e 3,25 metri di

(1) *La planète Mars*, 251.

(2) *Memoirs of the R. Astr. Soc.* t. 49, pag. 123, cfr. Flammarion, l. cit. 275.

(3) Se una macchia di forma (ellittica) allungata viene osservata imperfettamente, dice il Green (l. c.), l'osservatore sente una certa tendenza di terminare le estremità in punte, e da ciò sembra venuta l'apparenza del canale.

(4) Le osservazioni del Fergola in Napoli, pubblicate ivi nel 1879, riguardano piuttosto l'astrometria che l'astrofisica, trattandosi di determinazioni della posizione di Marte tra altre stelle di confronto, per mezzo del circolo meridiano.

Digitized by Google

distanza focale) verso il nostro pianeta. Le prime osservazioni, come dice lo stesso autore,(1) non riuscirono molto incoraggianti; e soltanto più tardi egli pervenne con qualche difficoltà a riconoscere nel pianeta alcune delle forme, notate nelle carte che fin allora ne furono pubblicate. Pian piano riconoscendo configurazioni identiche coi bei disegni del Kaiser, Lockyer ecc. e vedendo che le differenze apparenti provenivano piuttosto dal diverso modo d'interpretare le cose osservate, Schiaparelli deliberò di proseguire le sue osservazioni in modo da trarne tutto il partito che fosse possibile col dato istromento e nelle circostanze dell' opposizione, già passata da circa 7 giorni (5 sett. 1877). Favorito da un buon cielo, egli descriveva in poco tempo quasi completamente ed anche abbondantemente l'emisfero australe, dopo il quale incominciò ad abbozzare con qualche approssimazione anche quella parte dell'emisfero boreale che giace fra l'equatore ed il 40° parallelo nord. L'amplificazione impiegata fu quasi esclusivamente quella d'un oculare positivo (I, n. 194) di 322 volte. Soltanto nei primi mesi del 1879, essendo il diametro apparente del pianeta ridotto a pochi secondi, egli impiegò un ingrandimento maggiore (d'un oculare negativo) di 468 volte.

374. — L'intento fondamentale dell'astronomo milanese (come dice egli stesso nella prefazione della lodata opera) fu di procedere alla descrizione del pianeta non per mezzo di dischi o ritratti di Marte, fatti a misura d'occhio, ma dietro principii e con **metodi geometrici**. Al qual fine dapprima egli fissò di nuovo il fondamento di tutta l'areografia, cioè la direzione dell'asse di rotazione, e il luogo della calotta polare australe; poi determinò accuratamente le coordinate areografiche di alcuni punti fondamentali, tra i quali poteva sicuramente orientare le ulteriori descrizioni particolari della superficie planetaria. Le carte del pianeta, che accompagnano la pubblicazione del 1878, sono di gran lunga le più ricche di particolari che sieno state pubblicate. Esse meriterebbero qui una fedele riproduzione se non fossero state poscia sosti-

(1) *Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte.* Roma, 1878 (Memoria I^{a} della R. Accad. dei Lincei, anno CCLXXV).

Digitized by Google

tuite da altre ancora più perfezionate dello stesso autore, che si ammirano nella figura 106, una semplice ispezione della quale spiega più che lunghe descrizioni non potrebbero fare.

375. — Nei nomi generali da darsi alle varie configurazioni della superficie, Schiaparelli come Proctor (n. 370) ed altri, lasciò guidarsi dalla stretta analogia che esse presentano colle regioni terrestri. *Isola, istmo, stretto, canale, penisola, promontorio, capo*, ecc. sono termini che in sè già significano una certa configurazione; coll' uso dei medesimi non si nuoce alla rigorosa espressione del fatto osservato, lasciando alla discrezione del lettore fin dove la somiglianza esterna dia il diritto di fare conclusioni sulla natura e costituzione interna di quelle macchie.

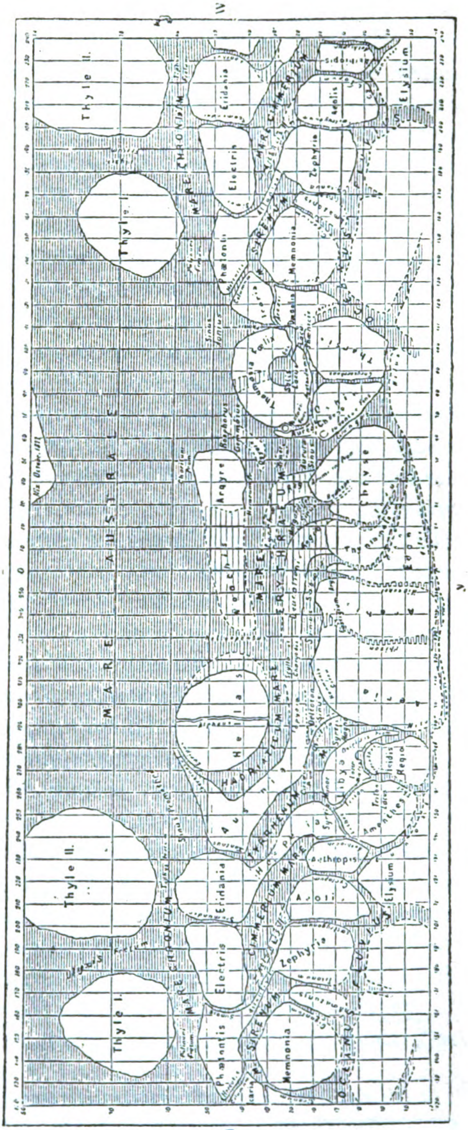


Fig. 106. Carta generale del pianeta Marte secondo Schiaparelli (1882-88).

Maggiore era la difficoltà da superarsi nella **nomenclatura particolare**, per la quale il Proctor aveva adottato i nomi

dei più celebri astronomi che si erano occupati del pianeta. Essendo questa affatto insufficiente per la quantità di nuovi oggetti, che era indispensabile di nominare in qualche modo, ed essendo difficile di continuare quel sistema, anche a cagione di cambiamenti radicali (di isole sparite, di mari non più esistenti, ecc.), Schiaparelli fece ricorso alla geografia poetica ed all'archeologia mitica, creando una nomenclatura del tutto nuova, la quale col suo linguaggio classico latino oramai è quasi universalmente adottata per la grande autorità dell'illustre scienziato.[1]

376. — Così vediamo nella carta citata seguendo la disposizione longitudinale (Fig. 106) passare in rivista i **grandi mari**: *Erythraeum*, *Sirenum*, *Chronium*, *Cimmerium*, *Thyrrenum* e *Hadriaticum*, tutti in comunicazione col *mare Australe* che circonda il polo. **Le varie terre**, circondate dai medesimi e dagli stretti, formano altrettante isole: *Eden*, *Thymiamata*, *Chryse*, *Argyre*, *Ophir*, *Tharsis*, *Thaumasia felix*. *Daedalia*, *Icaria*, *Phaetontis*, *Memnonia*, *Electris*, *Zephyria*, *Aeolis*, *Eridania*, *Elisium*, *Aethiopis*, *Hesperia*, *Ausonia*, *Libya*, *Isidis regio*, *Hellas*, *Aeria*, *Arabia*. Tutte queste si trovano nelle zone equatoriali e temperate del pianeta. Nel mare australe vi sono due grandi isole, *Thyle I* e *II*.

La configurazione spiccata del *Canale atlantico* (*Scorpione*) del Secchi (n. 365), della *Clessidra* del Hooke (l. c.), del *mare di Kaiser* del Proctor (n. 370), viene chiamata *Syrtis major*, distinta dalla vicina *Syrtis minor*; tutte e due essendo golfi boreali del *mare Tirreno*. Come mira del **meridiano iniziale** è stato scelto il promontorio australe della terra di Eden, chiamato dallo Schiaparelli *fastigium Aryn* (vertice d'Aryn), il quale come la punta acuta d'una lingua di terra, si raccomandava colla sua visibilità, definizione e costanza come punto di partenza d'una triangolazione areodetica esatta.

377. — Un'aggiunta caratteristica della carta di Schiaparelli sono gli **ampi canali**, i quali, correndo quasi tutti più

(1) E ciò ad onta della modesta protesta dell'autore, il quale disse espressamente, che facendo così (per suo uso privato), non intendeva sollecitare per essa l'approvazione degli astronomi, nè l'onore di passare nell'uso generale, anzi di essere pronto ad adottare più tardi quella, che da sufficiente autorità sarebbe riconosciuta come definitiva. Loc. cit. 44, § 49.

Digitized by Google

o meno nella direzione del rispettivo meridiano, congiungono i varii mari sopra enumerati coll'oceano grande del sud (*mare australe*). Fra i principali notiamo: *Herculis columnae*, *Simois*, *Scamander*, *Xanthus*, *Euripus*, *Alipheus*. Un'altra serie, diretta verso nord, stabilisce la comunicazione dei medesimi mari con un grande fiume oceanico (*Oceanus fluvius*, *Eunostos*, *Nilus*), che cinge il pianeta nella direzione dell'equatore. Tra essi si notano: *Gehon*, *Indus*, *Ganges*, *Chyrsorrhoes*, *Eosphorus*, *Sirenum*, *Gigantum*, *Titanum*, *Laestrygonum*, *Cyclopum*, *Aethiopum*, *Lethes*, *Triton*, *Thot*, *Nepenthes*, *Phison*, *Hiddekel*.[1]

Tutti questi *canali*, che hanno una larghezza media di circa 30 o 40 km,, dividono le masse continentali del pianeta in un numero stragrande di isole. Nota poi l'illustre osservatore che, in certi momenti brevissimi di quiete atmosferica assoluta, scorgeva molti altri tali **canali più sottili**, appena visibili, che lasciavano l'impressione confusa di una fitta rete di linee sottili e di minute macchie.[2]

378. — Da tutto ciò si vede che *l'areografia* è assai differente dalla *geografia*. In Marte la separazione del liquido dal solido non è così grande e perfetta come sulla Terra. Le sue isole sembrano banchi, pochissimo emergenti da un vasto impaludamento, oppure scogli, divisi da un sistema di fessure della crosta. — In quanto alla **macchia polare** australe (visibile nel 1877) le conclusioni di Schiaparelli confermano quelle dei suoi antecessori. La sua variabilità esclude affatto l'ipotesi che considera in essa qualche cosa di permanente sulla superficie di Marte. La sua estensione era minima (di un diametro di 8° soltanto) circa due mesi e mezzo dopo il solstizio australe del pianeta, cioè nel tempo, in cui deve colà regnare la massima temperatura. Il nome *macchia nevosa* è senza dubbio

(1) Il nome *Titanum* (*canalis*) ossia *canale dei Titani* fu poscia da Schiaparelli stesso cambiato in *Titanus* (*Titano*); similmente invece dei genitivi *Sirenum*, *Gigantum*, *Laestrygonum*, *Cyclopum*, *Aethiopum* ecc. furono sostituiti i nominativi *Sirenius*, *Gigas*, *Laestrigon*, *Cyclops*, *Aethiops*, ecc. (*Memoria III.* Roma, 1886, p. 12, § 447).

(2) Una simile osservazione, riferita da Schiaparelli (l. c. 129), si trova anche presso Secchi, in data del 29 giugno 1858: Marte è tutto rosso, e solo leggermente sparso qua e là di macchiette gialle, rosse, e cupe, che formano una specie di variegato, difficilissimo a descriversi e che non dà presa alla fantasia ». *Mem. Coll. Rom.* I, 22.

Digitized by Google

giustificato, anzi pare (anche dalle osservazioni spettroscopiche) trattarsi di condensazioni dei vapori acquosi dell'atmosfera. Sembra però che la riduzione di questa neve (o ghiaccio) possa eccezionalmente lasciare il polo rispettivo del tutto scoperto, come lo vide Schiaparelli verso la fine di ottobre 1877 (*Mem. I*, pag. 110, § 226). Lo stesso autore crede esclusa l'ipotesi, che suppone prodotta l'apparenza delle calotte polari da ammassi di nuvole. Contro questa stanno la stabilità della macchia e l'apparenza diversa dalle vere nuvole talvolta osservate. (1)

379. — Quando **le nuvole** di Marte si proiettano sopra le macchie oscure del pianeta (sono le parole di Schiaparelli), si mostrano come strisce o chiazze sfumate e per lo più mal contornate d'aspetto variabile. Possono talora essere tanto brillanti, quanto le parti più luminose del pianeta; talora mostrano tinte men chiare, sempre però più chiare del fondo, sul quale si proiettano. Ad essi, come alle nebbie poco trasparenti, si devono ascrivere i molti aspetti variabili dei particolari più minuti del pianeta, quali sono appunto i cosidetti *canali*, i quali, coperti dalle medesime, restano del tutto o in parte invisibili. Dalle sue osservazioni del 1877 Schiaparelli crede poter dedurre per lo stato atmosferico di Marte, che nelle epoche solstiziali un emisfero del pianeta pare del tutto o quasi tutto consacrato all' evaporazione, l'altro alla condensazione. Nelle epoche intermedie una zona di evaporazione sarebbe limitata al sud e al nord da due zone o piuttosto calotte, di condensazione. Sulla larghezza di queste zone nelle varie stagioni poi deve influire non solo la declinazione del Sole, ma ancora la ripartizione delle terre e dei mari, essendo le prime più favorevoli allo stato nuvoloso che i secondi (l. c. 118, § 243).

380. — Nella carta di Schiaparelli si trovano certe **regioni d'una tinta chiaroscura**, intermedia tra quella delle *terre* e dei *mari* propriamente detti, come per es. la *Noachis regio* all'est di *Argyre*, la *Deucalionis regio* al nord di *Thymiamata*,

(1) L'inglese Brett mise fuori quella ipotesi, credendo di aver osservato l'ombra di quelle nuvole sul pianeta. Tale osservazione però non fu mai confermata da altri astronomi. *Monthly Notices R. Astr. Soc.* vol. 38, dic. 1877.

Digitized by Google

Pyrrhae regio al nord di *Chryse* ecc. Per spiegare la loro apparenza si offrono due ipotesi ugualmente probabili: o si tratta di banchi submarini, di bassi fondi, che assorbiscono meno la luce solare, ovvero si tratta di regioni semplicemente così colorite, sia per la loro costituzione minerale, sia per l'effetto di vegetazione. Schiaparelli preferisce la prima spiegazione, e ciò per la frequenza delle nebbie nelle dette regioni, indizio di temperatura diversa da quella del mare circostante, come si osserva sui banchi dei mari terrestri. Di più crescendo l' obliquità della superficie chiaroscura rispetto al raggio visuale (e con ciò la lunghezza del cammino del raggio solare nella massa liquida), questo stesso diventa più oscuro. Da ciò si può inferire ancora che quei tratti di mare, come la maggior parte dei canali sono poco profondi, perchè debolmente colorati (l. c. 115, § 260).

Art. IV. — Cambiamenti topografici osservati dal 1877 in poi.

381. — Il cambiamento delle calotte polari colle stagioni era conosciuto da lungo tempo; anche cambiamenti atmosferici, risultanti in ammassi di nebbie o nuvole furono già riferiti negli articoli precedenti. L'abile osservatore di Milano col suo modesto, ma eccellente strumento seppe strappare altri segreti dal pianeta Marte, che eccitarono l' ammirazione di tutti gli scienziati. (1) Continuando le sue ricerche nella **opposizione 1879 e 1880,** egli pubblicò nel 1881 una *seconda Memoria* sotto il medesimo titolo e colla medesima disposi-

(1) Tra gli artifizi adoperati da Schiaparelli si noti questo, che soleva illuminare fortemente il campo del telescopio (I, n. 193) al principio delle osservazioni, per evitare all'occhio il penoso contrasto del fiero splendore del pianeta coll'oscurità circostante e l'effetto cattivo del passaggio dal campo oscuro del cannocchiale all' illuminata superficie della carta su cui scriveva e disegnava. Di più ebbe l'avvertenza di non tener gli occhi fissi all'oculare che per intervalli, riposandoli di quando in quando. Adoperò inoltre un vetro di color giallo-rosso davanti all'oculare, per assorbire i pochi raggi azzurri del pianeta, capaci di sturbar la vista colla loro imperfetta concentrazione nel foco del telescopio (*Memoria II*, Roma, 1881, p. 4, § 283).

Digitized by Google

zione della *prima* (n. 373), riunendovi una carta nuova, in generale identica alla prima (Fig. 106), ma quasi in ogni parte più copiosa, specialmente nell'emisfero boreale allora meglio visibile. Molte *terre,* le quali nella prima apparivano come unità areografiche, ora per la scoperta di nuovi canali, trovansi divise in due, tre e più parti. Nel mare australe alle due isole *Thyle I* e *II* si è aggiunta una terza, chiamata *novissima Thyle,* in immediata prossimità del polo; all'*Argyre* antica una nuova, *Argyre II* ecc.

382. — Tutti gli oggetti notati nel 1877, furono ritrovati e verificati di nuovo in questa occasione (eccettuati il canale *Hiddekel* e il cosidetto *Fonte della gioventù,* un piccolo lago presso l'imboccatura australe del *Ganges* (n. 377). Da ciò segue che le configurazioni fondamentali della superficie planetaria rimangono immutate. Non si può dire lo stesso delle **configurazioni accidentali,** che si manifestano principalmente nel diverso colorito di paesi interi, nell'invasione dei mari sui terreni vicini, nel diverso grado di visibilità e di larghezza di molti *canali.* Così per es. la *gran Sirte* (n. 376) in questa opposizione fu trovata notabilmente alterata; le sue acque avevano invaso una striscia di spazio appartenente nel 1877 alla *Lybia,* e questa invasione sembrava crescere ancora nel novembre 1879 (*Mem. II,* 85, § 397). Le suddette variazioni poi accennavano ad un **carattere periodico,** atto a dare nuovi lumi sulla costituzione di Marte.

383. — Osservazioni della **macchia polare boreale** mostrarono che mentre l' australe s' impiccolisce, questa invece cresce ed arriva ad un massimo di estensione circa tre mesi dopo il solstizio australe; di modo che il minimo dell'una ed il massimo dell'altra sensibilmente coincidono. L' estensione cresceva non in modo continuo, ma a foggia di ramificazioni, le estremità delle quali si fecero vedere sul circolo terminatore. Tra i sei rami così osservati il più lungo coprendo, o meglio toccando colla sua figura curvata il meridiano 120° di longitudine, arrivò fino alla latitudine di 46°, ossia alla distanza polare di 44°. Simili ramificazioni furono di nuovo ed ancora meglio osservate dal medesimo astronomo nell'opposizione del 1881-1882, quando si poteva inoltre osservare il loro successivo regresso verso il polo, per lasciare finalmente una macchia unica,

Digitized by Google

di forma consueta arrotondata. [1] In occasione di questa opposizione fu anche osservato di nuovo il canale *Hiddekel* (scomparso nel 1879), e riveduto il *Fonte della gioventù*; furono scoperti nuovi canali e risoluti parecchi dubbi intorno a regioni poco esplorate. Una novità importante era la comparsa del *lago Ismenius* (12 novembre 1881) al punto d' incontro dei canali *Protonilus* ed *Euphrates*. Nella seconda metà del mese seguente (dicembre 1881) parve che un velo, di natura sconosciuta, si ritirasse dalle parti inferiori di tutta questa regione.

384. — Quello però che più d'ogni altra cosa eccitò l'interesse degli astronomi fu la scoperta della **geminazione di parecchi canali**, fatta in quest'occasione dallo stesso astronomo milanese. Un primo fatto isolato di questo genere di sdoppiamenti fu osservato già nel dicembre del 1879, quando il *Nilo* fra il *lago della Luna* ed il *Ceraunio* fu veduto duplicato.

Nella seconda metà del mese di dicembre 1881 Schiaparelli vide il *Protonilo* (che prima aveva l'aspetto di striscia unica) separato in due corsi paralleli; comparve pure un secondo lago Ismenio, uguale e parallelo al primo. Dal 17 gennaio al 4 febbraio apparvero geminati un buon numero di altri canali (l' *Oronte*, l' *Eufrate*, il *Phison*, il *Tifonio*), cioè, come dice espressamente l'abile osservatore, essi apparvero accompagnati da un' altra linea parallela al corso originario. Il numero delle geminazioni, osservate dal 19 dicembre 1881 fino al 22 febbraio 1882, arrivò a 30, di cui 19 erano perfette, 4 anomale (con linee non perfettamente parallele o conformi), 4 imperfette, 3 incerte (*III Memoria,* 89, § 568). Vi erano alcuni « casi incontestabili », in cui la geminazione si venne a produrre quasi, per così dire, sotto gli occhi dell'osservatore.

385. — Questo **fenomeno insolito** dello sdoppiamento di strisce, larghe forse 100 km. e lunghe 1000 km. e più, non viene quindi da ciò che una linea (già esistente) si divida in due, molto meno sembra prodotto da un effetto ottico, pel quale due linee reali, prima vedute come una sola, in migliori condizioni (per es. con maggiore ingrandimento si scin-

(1) I risultati di questa opposizione trovansi nella *III Memoria* (già citata), pubblicata da Schiaparelli in Roma nel 1886.

Digitized by Google

dano poi in due, a foggia delle stelle doppie molto strette; ma dipende semplicemente dall' addizione di una nuova linea, prima non visibile, a lato d'un'altra già esistente. La nuova suole essere uguale e parallela a questa, distante dalla medesima circa 10° o 12° (di circolo massimo), cioè da 350 a 420 km.; insomma le due linee paiono lavoro di riga o di compasso; anzi pare (come Schiaparelli dice con tutta riserva) che il fatto della duplicazione tolga alla striscia già preesistente tutte le piccole irregolarità che in essa erano state prima osservate (*Mem. III*, 92, § 573). Dove due canali raddoppiati s'incrociano, sembra aver luogo un rinforzo di tinte.

In parecchi casi si poteva seguire il **processo della geminazione** mentre andava formandosi. Il canale prima fu veduto accrescersi e diventar più largo o più visibile, a lato di essa comparve un annebbiamento, dall' ombra diffusa della quale emergeva a poco a poco la linea nuova. Come una moltitudine di soldati, prima confusamente sparsi, vanno a poco a poco ordinandosi in linee o colonne, così il materiale della striscia nuova sembra coordinarsi, per apparire poi completo. Dalla qual cosa si vede trattarsi di fenomeni transitori e probabilmente periodici, cioè determinati da agenti areografici.

386. — Nuove mutazioni importanti furono segnalate dal medesimo osservatore in occasione dell'opposizione 1894. Benchè allora l'atmosfera terrestre fosse in generale meno propizia all'osservazione, l'acquisto fatto (1888) d'un telescopio più grande di 49 cm. di apertura, compensò in gran parte questo difetto, permettendo un'amplificazione dell'imagine telescopica fino a 500 e 650. Una delle più caratteristiche formazioni del pianeta col nome, *Hesperia*, la quale come istmo o penisola separa la striscia oscura detta *mare Tirreno*, dall'altra macchia più estesa, appellata *mare Cimerio*, il giorno 10 ottobre si presentò sotto un aspetto intieramente anormale.

Un largo canale nuovo, mai osservato da nessun osservatore nelle opposizioni precedenti, attraversò la detta regione in direzione da SW. verso NE., congiungendo direttamente le coste estreme del mare Tirreno curvato, mentre il mare stesso sembrava ridotto ad una striscia di non molta apparenza. Un altro canale (veduto già qualche altra volta) congiungeva direttamente i due mari (*Tirreno* e *Cimerio*) nei

Digitized by Google

punti più ravvicinati dei medesimi. Anche il *mare delle Sirene* presentò, nella parte curvata più settentrionale, una specie di interruzione, veduta soltanto una volta nel 1892. La forma e l'estensione, dice Schiaparelli, è determinata da qualche elemento stabile o almeno periodico.(1)

387. — Le osservazioni di Schiaparelli finora riferite vedonsi graficamente riprodotte nella figura 107, la quale rappresenta

Fig. 107. Le geminazioni delle linee oscure del pianeta Marte.

un lato del pianeta in proiezione omalografica (con meridiani equidistanti), col vantaggio che le parti laterali non appariscono troppo scorciate.(2) Essa fa vedere a colpo d'occhio, come

(1) *Astron. Nachrichten*, 1894, n. 2371.

(2) Il planisferio (Fig. 107) rappresenta soltanto la metà della superficie del pianeta, il meridiano centrale è quello di 180°. Nelle due macchie bianche si riconoscono facilmente le due isole *Thyle I e II* (Fig. 106), sotto le quali si estendono le quattro regioni *Phaetontis, Electris, Eridania,*

Digitized by Google

i cosidetti *canali* percorrono talvolta migliaia di chilometri in linea retta (ossia nell'arco d'un circolo massimo). E però da notarsi che non si vede mai tutto l'insieme di queste particolarità nel campo d'un cannocchiale. Il disegno è **il risultato** di lunghe e penose osservazioni, per mezzo delle quali le singole parti furono raccolte come pietre staccate d'un quadro mosaico. La continua variabilità dei minuti particolari, osserva lo stesso autore (Schiaparelli), fa sì che una carta di Marte non può mai essere altro che una rappresentazione convenzionale sistematica della superficie planetaria. Specialmente l'aspetto dei *canali* e il loro grado di visibilità sono assai variabili da una opposizione all'altra, quantunque la loro lunghezza e giacitura rimanga costante. La distanza di due canali paralleli varia da 50 fino a 400 km. Un mero sguardo della figura mostra, quanto l'areografia sia diversa dalla geografia.

388. — Non è senza importanza la domanda, se le stupende scoperte dell'astronomo milanese siano state verificate da **altri astronomi**, forniti di mezzi ottici, non solamente equivalenti, ma anche non poco superiori a quelli dell'osservatorio di Brera (Milano). Questa domanda è tanto più giustificata, in quanto che non pochi astronomi di nome si mostrarono disposti a vedere in quei sistemi di geminazioni niente altro, che illusioni ottiche, prodotte da ingrandimento superiore alla forza visiva del telescopio, o da qualche causa simile. Altri dichiararono i canali stessi essere semplicemente i limiti di regioni d'una tinta particolare, mostrando allo stesso tempo, quanto influisca in cotali osservazioni l'occhio, l'attenzione e (diciamolo pure) la preoccupazione e la fantasia dell'osservatore.

Nel 1884 O. Boeddiker, osservatore alla specola grandiosa di Lord Rosse (I, n. 181), fece più disegni del pianeta,

Ausonia. I due canali raddoppiati che s'incrociano a foggia di X sotto l'equatore alla longitudine di 145° (a sinistra del meridiano centrale), sono il *Gigas* e l'*Eumenides*. Parallelo al primo attraversa il centro della figura l'*Avernus* (geminato) facendo capo verso S W nell'*Antaeus* (sdoppiato), il quale corre pressochè parallelo all'*Eumenides*, mentre i grandi canali geminati dell'emisfero boreale, più o meno paralleli al *Gigante*, sono l'*Erebus* ed il *Cerberus*. Per altre particolarità rimettiamo il lettore all'opera originale del lodato Schiaparelli.

Digitized by Google

adoperando un riflessore di $0^m,915$ di apertura, con un ingrandimento di 144 e 216 volte. Appena arrivò a vedere uno dei canali principali, l'*Indus*. Di sdoppiamenti non notò nulla.

389. — Nel 1886 il signor Perrotin all'osservatorio di Nizza dirigeva per più mesi il grande equatoriale (ap. $0^m,38$) verso Marte, ma ricercò invano per varii giorni i famosi canali. Egli ed il suo assistente (M. Thollon) già volevano definitivamente rinunziare alle ricerche inutili, quando il 15 aprile si cominciò a distinguere un canale tra la *Syrtis maior* ed il *sinus Sabaeus*. Da quel giorno, migliorando le condizioni atmosferiche, gli astronomi di Nizza verificarono altri canali, i quali corrisposero alla descrizione di Schiaparelli. Di canali raddoppiati essi ne videro parecchi per es. l'*Euphrates*, *Jamuna*, *Nilus II*, *Iris*, *Fortuna*, ecc.[1]

Nel 1888 Perrotin riprese le osservazioni col grande equatoriale (ap. $0^m,76$), e constatò tra le altre cose un'inondazione della Libia e la comparsa di nuovi canali, prima non osservati, dei quali uno, attraversando la calotta polare del nord, riuniva due mari polari. Alcuni erano semplici, altri doppi. Schiaparelli segnalò allo stesso tempo la geminazione di canali, i quali nelle opposizioni precedenti (1884 e '86) non si videro mai raddoppiati.[2]

390. — Lohse invece, l'abile osservatore di Potsdam, il quale studiò Marte negli anni 1883, '84, '86, '88, ad onta dell'equatoriale di $0^m,298$ di apertura, adoperato nelle osservazioni, confessa di non aver potuto verificare le belle scoperte.[3] Egli non vuole però mettere in dubbio le osservazioni dell'astronomo Milanese, fatte con uno strumento assai minore ($0^m,218$), ma cerca una spiegazione del fatto strano in ciò, che lo strumento di Schiaparelli sembri (per caso) costruito in modo da essere adattato particolarmente pei coloriti (rossi) del pianeta.[4] La carta di Marte, fatta dal Lohse,

(1) Flammarion, *Mars*, 393.

(2) Flammarion, l. c. 406.

(3) *Mit dem Potzdamer Refractor ist mir dies nicht gelungen* (Publicationen des Astrophysicalischen Observatoriums zu Potsdam, N. 28), *Beobachtungen des Planeten Mars*, 1891, 3.

(4) Schiaparelli stesso ammette questa spiegazione, come vedesi da una sua lettera citata dal Lohse (l. c. 131).

Digitized by Google

dopo quella di Schiaparelli, indica quindi piuttosto un regresso nella cognizione della superficie planetaria.

La taciturnità di moltissimi altri astronomi, anche delle prime specole astronomiche è un testimonio abbastanza eloquente, quanto sia difficile l'osservazione dei fenomemi accennati, specialmente della geminazione dei canali. **Conferme** però da parte di alcuni altri non mancarono. Fra questi basti nominare il Lowell del Flagstaff Observatory (Arizona), il Brenner[1] (Lussin piccolo), Flammarion e Antoniadi (Juvisy), Stanley William (Brighton). L' impressione però, che fecero i cosidetti canali sui singoli osservatori, è stata assai diversa; basti a ciò notare le parole dell'ultimo astronomo citato: « Alcuni osservatori – scrive egli – sembrano di vedere *tutti* i canali come linee marcate, sottili, e ben determinate. Questo è contrario alla mia sperienza; io vedo alcuni invariabilmente larghi, diffusi e mal determinati, quantunque la definizione di canali vicini sia ben determinata e perfetta. Così non ho veduto mai il *Ganges* (unico o raddoppiato che fosse) altrimenti che come striscia larga e diffusa. Sono perciò di opinione, che vedendo Marte dalla distanza di pochi chilometri, l'apparenza di questi cosidetti canali sembrerebbe talmente cambiata, che non si riconoscerebbero affatto ».[2]

Art. V. — La costituzione fisica del pianeta.

391. — Il pianeta Marte sotto molti rispetti mostra una grande **somiglianza alla Terra**. Esso compie il suo giro intorno al Sole in un tempo più lungo della Terra, cioè in 687 giorni (terrestri), ma la sua rotazione diurna intorno all'asse proprio è poco differente da quella del globo terrestre (n. 368),

(1) L'astronomo dell'osservatorio *Manora* di Lussin piccolo (Istria), favorito da un cielo sereno e da un ottimo strumento (sebbene di modeste dimensioni di 7 pollici) più di qualunque altro ha non solamente verificato tutta la rete dei canali, osservati da Schiaparelli, ma egli ne ha aggiunto ancora un buon numero, come può vedersi da una splendida carta di Marte, ultimamente pubblicata, nel periodico *Astronomische Rundschau*, 1904, n. 58.

(2) V. Cerulli, *Nuove osservazioni di Marte* (1898–99). Pubblicazioni dell'osservatorio privato di Collurania (Teramo), n. 3, pag. 145.

Digitized by Google

anche l'inclinazione dell'asse verso il piano dell'orbita (65°) è poco diversa. Marte, come la Terra, ha la sua atmosfera, ha i suoi mari e continenti, soggetti a cambiamenti periodici del clima colla variazione delle stagioni. Le regioni polari di Marte, come le terrestri, sono coperte di neve e ghiacci più o meno perpetui; l'emisfero australe di Marte (come quello della Terra) è più abbondantemente coperto di acque, che l'emisfero boreale. Le condizioni fisiche e metereologiche dei due pianeti offrono tanti termini di confronto, da non escludere la possibilità, che lo studio dell'atmosfera terrestre riceva schiarimenti da quello dell'atmosfera marziale, essendo l'insieme di questa più facilmente osservabile (quasi a colpo d'occhio). L'esistenza di esseri organici, di prodotti di vegetazione non si è potuta constatare con certezza, ma con qualche probabilità; conseguentemente anche la presenza di vita animale non incontra sopra la superficie di questo pianeta quegli ostacoli, che si trovano sulla Luna (n. 241). Forse si arriverà un giorno perfino a sciogliere qui con osservazione diretta il problema intorno agli abitatori di altri mondi; basterebbe a ciò accertare dei cambiamenti superficiali, manifestanti come causa esseri ragionevoli.

392. — Alcuni entusiasti della pluralità dei **mondi abitati**, mostravansi già pronti a concedere il premio di tale scoperta all'insigne astronomo di Milano; persuasi che l'accennato raddoppiamento dei canali era un segno manifesto delle opere grandiose idrauliche, che gli abitanti di Marte sapevano costruire in tempo brevissimo opere, in confronto delle quali i nostri canali di Suez, Panama ecc. sarebbero veri giuochi di fanciulli.(1) Un curioso contrasto a queste vedute più o meno fantastiche, forma il giudizio dello scopritore stesso di quei fenomeni insoliti: «Voler fondare una spiegazione di questi singolarissimi fenomeni sopra le poche ed incomplete nozioni, che fino

(1) Cfr. FLAMMARION, *L'Astronomie* (revue populaire). Paris, 1882, p. 262. PROCTOR, *Other worlds than ours. Our place among infinities. A new theory of life in other worlds*, ecc. Flammarion, per mettere meglio in rilievo la sua predilezione per la pluralità dei mondi [*pluralité des mondes habités*] ha voluto aggiungere al titolo dell'opera più volte citata *Sul pianeta Marte* [*La planète Mars*] l'altro più attraente per tanti lettori: *e le condizioni della sua abitabilità* [*et ses conditions d'habitabilité*].

Digitized by Google

adesso è stato possibile di acquistare sopra i medesimi, sarebbe una temerità senza pari », così scrisse Schiaparelli[1] nel 1886. Immenso è il campo (dice altrove)[2] delle supposizioni plausibili, potendosi immaginare infinite combinazioni capaci di soddisfare alle apparenze anche con piccoli e semplici mezzi, specialmente se volessimo introdurre forze appartenenti alla natura organica. Vicende di vegetazione su vaste aree e generazioni di animali, anche minimi, in enormi moltitudini, potrebbero benissimo rendersi visibili a tale distanza.

393. — Riservando le varie spiegazioni degli strani cambiamenti dei cosidetti canali per un articolo speciale, domandiamo prima piuttosto, se i *mari* della superficie planetaria siano veramente oceani, pieni di **acqua** come i nostri. Una difficoltà contro tale supposizione fu mossa nel 1863 in una seduta della Società Reale di Londra dall'astronomo Phillips, il quale cercò invano in quei mari l'imagine riflessa del Sole; Questa imagine (ad onta della sua piccolezza, del diametro di $0''{,}05$), alquanto ingrandita per l'irradiazione, con un ingrandimento di circa 300 volte del telescopio, dovrebbe essere visibile; ed a ciò non è necessario di supporre la superficie di quei mari in istato di calma perfetta, anzi l'agitazione delle onde, dovrebbe rendere l'imagine, irregolarmente e diffusamente riflessa, vieppiù percettibile.[3] Per sciogliere questa difficoltà basterebbe ammettere che le acque di Marte, a foggia delle nostre paludi, siano poco profonde e coperte di qualche scarsa vegetazione.

394. — La **poca profondità dei mari** sembra anzi confermata dall'osservazione del colorito variabile che essi presentano. La minore oscurità di tinta potrebbe essere, almeno in parte, il risultato del minore assorbimento dei raggi solari in quelle acque poco profonde. Il confronto delle varie osservazioni indica, che i rilievi della superficie di Marte sono meno salienti di quelli terrestri. Montagne alte sembrano assai rare;

(1) *Memoria III* citata, 93, § 576.

(2) *Natura ed Arte*. Milano, 1893, p. 24.

(3) Noi stessi abbiamo molte volte osservato un simile riflesso dell'imagine solare (diffusa) sul pianeta Venere; benchè ivi il riverbero sembri piuttosto dovuto all'atmosfera densa. Cfr. A. Müller, *Studi sul moto rotatorio del pianeta Venere*. Mem. dell'Accad. dei N. Lincei, vol. XVI. Roma, 1899.

Digitized by Google

altrimenti le loro cime, coperte di neve dovrebbero restare costantemente visibili e facilmente discernibili, specialmente sul circolo terminatore.(1) I mari stessi coi frequenti cambiamenti dei loro contorni, sopra regioni estesissime, accennano a grandi inondazioni, e quindi allo stato di livellazione quasi perfetta delle regioni circonvicine; anzi la comunicazione apparente per mezzo dei cosidetti canali trova così una spiegazione molto naturale. La riduzione della neve (polare) nell'estate potrebbe alzare considerevolmente il livello delle paludi, ossia dei mari vicini, poco profondi; l'acqua passerà da un bassofondo all'altro, cercando la via più breve di comunicazione. Il ripetersi quasi annualmente di simili fenomeni, il frequente flusso e riflusso delle acque per quelle comunicazioni, sembra d'aver marcato con solchi larghi e relativamente profondi la traccia nel terreno superficiale, ad essere visibili nei nostri telescopi. Difatti, al tempo per es. del solstizio boreale, insieme all'impicciolirsi della calotta bianca del polo Nord, si osserva prima un oscurarsi delle regioni circonvicine, con diramazioni oscure nei continenti adiacenti. I *mari* dell'emisfero boreale diventano più oscuri e col crescente contrasto anche più visibili tra le regioni luminose limitrofe. I canali sembrano allargarsi e talvolta anche moltiplicarsi.

395. — La presenza di liquidi in grande quantità sulla superficie del pianeta prova già per sè la presenza di un'**atmosfera** considerevole simile all'atmosfera terrestre. Tentativi di provare l'esistenza d'un involucro atmosferico per mezzo dell'osservazione di occultazioni di stelle dietro il pianeta, sono finora falliti; ma ciò non può recar meraviglia, poichè l'effetto dell'irradiazione della luce planetaria ha un'estensione maggiore dell'atmosfera stessa, specialmente nelle osservazioni notturne. Per conseguenza, quando una stella sta dietro l'atmosfera del pianeta, essa già si trova in contatto apparente col disco, un ritardo dell'occultazione per rifrazione atmosferica, come l'accelerazione dell'emersione, resterà sempre insensibile. Del resto le osservazioni di **condensazioni e precipitazioni** atmosfe-

(1) All'osservatorio di Mt. Hamilton si osservarono occasionalmente proiezioni luminose sul terminatore presso il *Chersoneso*, le quali però per la loro incostanza dovranno piuttosto spiegarsi come nubi relativamente alte, illuminate dal Sole. Cfr. *Astr. Nachr.* 1896, n. 3383, 3406.

Digitized by Google

riche in forma di nuvole, nebbie, pioggie e nevi, rimuovono ogni dubbio sull'esistenza di un'atmosfera marziale, la quale però, attesa la serenità e trasparenza che ordinariamente presenta, sembra più difficilmente condensabile che l'atmosfera terrestre, almeno durante il giorno. Certe irregolarità del circolo terminatore che paiono inerenti al medesimo (ad onta della rotazione del pianeta), suggeriscono l'idea che la formazione di nuvole comincia principalmente col tramonto del Sole sulle rispettive regioni, e cessa col levar del medesimo. Invero (la densità dell'atmosfera sopra Marte scema colla crescente altezza in proporzioni ($^1/_3$) minori dell'aria sulla Terra, e il punto di ebollizione (a 46° incirca) sulla superficie del pianeta è molto più basso di quello sulla Terra; l'atmosfera di Marte può quindi contenere una maggiore quantità di vapor d'acqua, senza diventare opaca. Le condensazioni notturne si dileguano subito di nuovo col riapparire del Sole, specialmente nei climi tropicali.

396. — **Osservazioni spettroscopiche** confermano in generale le conclusioni precedenti. Come nell'atmosfera terrestre certe righe dello spettro solare sono rinforzate, così nello spettro solare, riflesso dalla superficie di Marte, si vedono certe linee di assorbimento alquanto allargate. Queste sembrano identiche colle righe telluriche (n. 156). Specialmente nella parte assai debole dall' F (di Fraunhofer) verso il violetto, si osservano larghe bande oscure, le quali col loro assorbimento conferiscono non poco al colorito spiccatamente rosso del pianeta. Le calotte polari invece mostrano uno spettro più debole nel rosso e più brillante nel giallo e verde. Siccome però la luce relativamente debole dei pianeti non permette molta dispersione dei colori spettrali, le righe direttamente osservabili sono sempre poche, e non permettono una conclusione diretta sulla natura dei gas o vapori che prevalgono nell'atmosfera del pianeta.[1] Dalle considerazioni fatte finora sembra giustificata la

(1) I pianeti maggiori veduti ad occhio nudo, brillano coll'intensità d'una stella di prima grandezza; nel foco del telescopio però questa luce si estende per tutto il disco planetario che occupa una certa superficie, della quale la fessura dello spettroscopio osserva una piccola parte. Si aggiunga poi che i raggi solari, riflessi dalla superficie planetaria, devono passare due volte lo strato atmosferico del pianeta, prima di arrivare all'atmosfera nostra.

Digitized by Google

supposizione, che il clima e tutto lo stato meteorologico di Marte, nel suo complesso generale, rassomigli a quello delle giornate serene sulle nostre alte montagne, dove di giorno il Sole si fa sentire fortemente, di notte invece l'irradiazione del suolo verso la volta celeste produce grande abbassamento di temperatura, cosicchè i vapori condensati facilmente si trasformano in cristalli di ghiaccio e neve, in depositi temporanei di rugiada o di brina.(1)

397. Riassumendo, potremo dunque concludere che il pianeta Marte nel suo **sviluppo areologico**, sembra trovarsi in uno stadio intermedio tra quello della Terra e della Luna. Le forze livellatrici delle acque sopra Marte hanno quasi del tutto riempito di materia solida i bacini oceanici, una volta più profondi e forse anche più estesi. L'acqua di Marte non è del tutto scomparsa nell'interno come quello della Luna (n. 237); ma il raffreddamento della superficie planetaria (accelerato a cagione della maggiore distanza dal Sole e della relativa piccolezza del globo di Marte) ha favorito da tempi immemorabili combinazioni chimiche delle rocce marziali coi varii liquidi, ora immagazzinati nei varii *idrati* delle stesse rocce e nelle *ossidazioni* dei minerali. Il flusso e riflusso dei mari, causato dai vicini satelliti, promosse l'accennata livellazione e le frequenti inondazioni, alle quali assistiamo, fanno il resto. Come la Terra nostra si trova ancora per così dire nell'età virile del suo sviluppo geologico, così il pianeta Marte si troverebbe in quella già senescente, mentre la Luna ha passato i limiti della vita ed è entrata in istato di riposo quasi perfetto (n. 241).

Art. VI. — Ipotesi areologiche. I canali di Marte ed il raddoppiamento dei medesimi.

398. — La notizia della scoperta della moltiplicazione e della geminazione dei *canali* di Marte fu accolta con un certo scet-

(1) Le dette righe di assorbimento sembrano indicare sufficientemente la presenza di vapor d'acqua nell'atmosfera di Marte. Alcuni credettero di dover supporre alla superficie del pianeta una temperatura media assai inferiore a quella della Terra (fino a 50° o 60° sotto zero!); in questa ipotesi poco probabile, i liquidi osservati non potrebbero più essere acqua, ma altra sostanza difficilmente congelabile, come l'acido carbonico.

Digitized by Google

ticismo dagli astronomi. Il primo però che volle scusare questo riserbo dei suoi colleghi, fu lo stesso scopritore. « Di fronte a simili novità - dice Schiaparelli (*Mem.* III, 94, § 577) - che ci davano come risultato di osservazioni telescopiche abbastanza difficili, fatte da un solo osservatore, era non solo naturale, ma anche doveroso un **prudente riserbo** ». Tale ragione di dubbio, soggiunge tuttavia il lodato astronomo, non esiste più, dacchè nell'opposizione del 1886 una almeno delle geminazioni (quella del *Nilo-Idraote*) fu veduta con tutta la desiderabile sicurezza da altri astronomi, cioè a Milano dal professore Celoria col medesimo telescopio (n. 373), e a Nizza dal signor direttore Perrotin con un rifrattore di Henry di 14 pollici; del quale i risultati furono in generale confermati dai chiari osservatori signori Trepied e Thollon (n. 389): « Le geminazioni saranno dunque un fatto, assai difficile a spiegare, ma di cui non si potrà più negare la realtà ».

399. — Nonostante la fiducia che merita l'ultima asserzione del benemerito astronomo milanese, l'adesione degli osservatori di altre specole astronomiche non fu mai così generale da escludere ogni dubbio, non sulla *realtà soggettiva* dell'osservazione stessa,[1] ma sulla *realtà oggettiva*, o meglio sulla causa del fenomeno. Il signor Cerulli distingue a dirittura **due classi di teorie**, che cercano di spiegare non solamente la geminazione dei canali, ma anche la loro semplice apparenza, l'*ipotesi fisica* cioè e l'*ipotesi ottica*. La prima considera come causa degli accennati fenomeni le fattezze vere e proprie, la fisica costituzione del pianeta, sulla superficie del quale si produrrebbero veri e reali cambiamenti; la seconda invece riduce tutto più o meno ad illusioni ottiche, dovute all'occhio dell'osservatore e all'apparato visivo del suo cannocchiale. A queste due teorie si potrebbe forse aggiungere una terza intermedia, la quale partecipa dell'una e dell'altra ipotesi, ammettendo cioè che quelle apparenze non siano dovute a cam-

(1) « Je suis absolument sûr de ce que j'ai observé », così chiude Schiaparelli un rapporto alla *Revue d'Astronomie* (1882, 126). Rimane però anche l'altro fatto che moltissimi osservatori (dotati anche di strumenti superiori, tra i quali è da annoverarsi anche lo scrittore di questo libro), non hanno potuto vedere la geminazione.

Digitized by Google

biamenti reali della superficie del pianeta, ma siano il risultato di fenomeni ottici, prodotti però nell'atmosfera del pianeta rotante. Discutiamo in primo luogo l'**ipotesi ottica**, proclamata e difesa dal Cerulli.

400. — Quando Marte si trova nella sua migliore visibilità (così scrive il lodato astronomo), la sua distanza da noi non è meno di circa 146 volte quella della Luna. Studiando allora il pianeta in un telescopio coll'ingrandimento di 600 volte (oltre il quale limite difficilmente si può passare), la distanza sembrerebbe ridotta a $^1/_4$ circa della distanza della Luna. Guardar dunque Marte nei più potenti telescopi d'oggi è come guardar la Luna in un modesto binocolo da marina, che ingrandisce quattro volte; supponendo però un'aria perfettamente calma.[1] Ora se dalle variazioni delle macchie lunari, viste senza telescopio, volessimo concludere che la superficie della Luna varia, commetteremmo un grande errore. Un simile errore si commetterebbe, credendo reali tutti i cambiamenti apparenti, osservati su Marte. La superficie del pianeta è coperta di una fitta granulazione di macchiette di diverso colore, separate da intervalli chiari, che si comportano come le facce di un cristallo, risplendente a seconda dell'angolo d'illuminazione. Considerando (secondo **Cerulli**, l. c. 119) la Luna piena nel modo indicato, si vedono tosto fra le macchie parecchie linee, più o meno sottili, alcune uniformemente incurvate, altre rigorosamente rette, altre come strisce più lunghe e più larghe, ma d'una larghezza quasi uniforme. Se i nostri mezzi ottici non andassero al di là del binocolo, si attribuirebbe senza dubbio grande importanza a codeste linee. Parleremmo di *canali della Luna*, come ora si parla dei *canali di Marte*; canali uniformi, lunghi, di figura pressochè rettilinea, ecc. Basta però sostituire al binocolo il telescopio, per veder svanire non soltanto l'uniformità, ma tutto l'aspetto delle stesse linee, che allora si rivelano per quello che sono, cioè

(1) L'agitazione dell'atmosfera terrestre (n. 167), poco sensibile nel caso del binocolo, ma sensibilissima in un grande cannocchiale, renderebbe il confronto poco adattato; poichè in questo caso l'imagine di Marte si renderebbe assai confusa, mentre quella della Luna resterebbe abbastanza tranquilla. Cfr. CERULLI, *Pubbl. dell'Osserv. priv. di Collurania* (Teramo, 1898), n. 1, p. 6.

Digitized by Google

null'altro che grossolani allineamenti di macchie eterogenee, sparse assai casualmente lungo certe direzioni, l'uniformità e la dirittura delle quali erano mere **illusioni ottiche** prodotte dalla distanza.

401. — Talvolta accade (sempre secondo lo stesso astronomo) che lungo un *canale* (*primitivo*) la maggiore penetrazione dell'occhio o del telescopio, ovvero un modo anormale d'illuminazione, facciano apparire più macchie del solito, il complesso delle quali similmente alla linea primitiva viene dall'occhio dell'osservatore congiunto con una seconda linea, parallela alla prima. « Il quasi perfetto parallelismo fra la linea nuova e l'antica, nasce dall'essere la *fascia-madre* assai più lunga che larga ». **Le geminazioni** sarebbero quindi (secondo l'ipotesi del Cerulli) fenomeni ottici che si producono entro i canali primitivi, in virtù delle stesse leggi di coordinamento fisiologico che danno luogo ai canali semplici. Dunque, siccome i canali primitivi non sarebbero da considerarsi come formazioni unitarie, fisicamente individue (come fiumi d'acqua), ma come semplici allineamenti di ombre isolate, così molto meno le geminazioni potranno essere interpretate come cose fisiche ed oggettive, di posto e di dimensioni reali. Anzi il Cerulli crede che le stesse strisce maggiori (*i mari*) siano decomponibili in macchie minori e così si spiegherebbe pure quella strana tendenza al dualismo anche nelle formazioni maggiori già notato dallo Schiaparelli (*Mem.* III, § 576).

402. — Questa teoria ottica ebbe ultimamente una nuova conferma da certi **esperimenti** fatti in Inghilterra da B. W. Lane, J. E. Evans ed E. Walter Maunder. Questi scienziati fecero copiare grandi disegni delle macchie principali della superficie di Marte da un numero di ragazzi (da 12 a 14 anni), i quali guardarono l'originale da distanze, varianti da 5 a 20 metri. I disegnatori non sapevano a che scopo si facessero questi esperimenti. Invece dei canali rettilinei, congiungenti i varii mari, l'originale fece vedere in quelle regioni linee sottili curvate, simili ai nostri fiumi con certi allargamenti, sparsi qua e là a modo di laghi. Ora questi particolari furono disegnati più o meno fedelmente soltanto dai disegnatori più vicini, mentre gli altri più distanti riprodussero quei gruppi

Digitized by Google

irregolari a foggia di linee rette congiungenti i mari.[1] Simili esperimenti fatti dallo stesso Maunder relativamente all'apparenza di fili tesi, di linee diritte e curve disegnate tra punti oscuri più grossi, guardata da distanze varianti da 10 a 70 metri, comprovarono trattarsi di mere illusioni ottiche, quando vedonsi i detti punti congiunti da linee (in realtà) non esistenti;[2] anzi l'astronomo americano Percival Lowell riuscì a produrre con simili fili semplici, tesi fra due campanili, veduti dalla distanza di circa un chilometro, il fenomeno della geminazione.

403. — Una certa **conferma indiretta** della teoria ottica deve riconoscersi pure nel fatto che tanti rinomati osservatori di Marte, ad onta dell'ottima volontà, anzi dell'espresso desiderio di veder confermata la realtà dei fenomeni descritti, non li hanno potuto vedere. L'autore stesso di questo libro avrebbe avuto piacere di poter aggiungere il suo voto alla teoria fisica dei canali di Marte. Il nostro telescopio, della medesima fabbrica di Merz e di dimensioni più grandi di quello usato nelle prime osservazioni di Milano (n. 373), non ci ha mai mostrato i canali sottili (dei noti disegni), molto meno le geminazioni. Non sarà colpa del cielo di Roma, ordinariamente non inferiore a quello di Milano, nè del nostro occhio, che senza l'aiuto di occhiali ci permette vedere stelle di settima grandezza.[3] Ciò ci fa sospettare che qualche vizio occulto

(1) *Monthly Notices* of the R. A. Soc. LXIII, 488. Cfr. *Knowledge* XXV, 250, 276.

(2) *Journal of the British Astr. Association*, XIII, 344.

(3) Vedo ordinariamente nel gruppo delle Pleiadi almeno otto, talvolta anche dieci e più stelle. Confessiamo d'altronde che non abbiamo potuto neppure verificare le *illusioni ottiche* descritte dal Cerulli relativamente alla Luna. Riuscì più facile a noi la verifica di simili illusioni, guardando ad occhio nudo una parete (distante circa un chilometro) illuminata dal Sole, sulla quale si vedevano delle macchie oscure apparentemente congiunte con linee sottili. Guardando poi le medesime con un piccolo telescopio, si scoprì subito l'errore commesso, perchè le macchie apparivano ora del tutto staccate e di forma ben diversa. Anche il fenomeno della geminazione può sperimentarsi con un certo sforzo dell'occhio (non bene accomodato). Alcuni vorrebbero ascrivere il fenomeno della geminazione all'accomodazione erronea del telescopio, ma una spiegazione tale pare del tutto esclusa dall'abilità riconosciuta dell'osservatore milanese. Ricordiamo però qui che fin dal 1877 il Green (n. 372, nota 3),

Digitized by Google

dell'apparato visivo, entri veramente nel fenomeno tanto dibattuto; e pare che la maggioranza degli astronomi oggidì inclini verso la suddetta teoria ottica, o almeno verso quella da noi chiamata teoria intermedia (tra l'ottica e la fisica). Il signor Barnard, che aveva a sua disposizione gli strumenti più grandi che esistono, si lagna che non pochi osservatori esagerino nei loro disegni con linee precise e definite quello che vedono nel telescopio soltanto confusamente[1] (n. 32).

404. — Come in appoggio della teoria ottica si fecero delle esperienze scientifiche, così la **teoria intermedia** (tra questa e quella fisica) fu confermata da simili sperimenti. Il francese Stanislao Meunier[2] adoperò a ciò un globo metallico ben levigato, sulla superficie del quale con vernice nera disegnò le macchie ed i *canali* principali della superficie di Marte. Alcuni millimetri davanti stese, parallelo alla superficie globulare, un velo di mussolina fina, ben trasparente; facendo poi cadere un raggio luminoso sul globo così disposto, si vedevano tutte le linee e macchie raddoppiate, a cagione dell'ombra delle medesime, gettata sull'involucro del velo. Ora quello che fa qui il velo trasparente, sopra Marte viene prodotto dall'atmosfera, specialmente quando questa in certe condizioni meteorologiche diventa meno trasparente del solito. Nuvole leggere e relativamente alte, a foggia dei nostri cirri, formerebbero il fondo di proiezione, e dalla varietà dell'altezza relativa dipenderebbero le irregolarità delle varie linee proiettate, le quali irregolarità si riproducono pure nello sperimento, quando il velo artificiale diventa un poco ondoloso.

A dare un giudizio finale sopra il valore di simili esperienze, sarebbe necessario poter esaminare esattamente la posizione relativa dei canali primitivi e dei secondari, una cosa

notò la tendenza dell'osservatore di Marte, di terminare le estremità d'una macchia arrotondate in punte, e che il P. Secchi (n. 377, nota 2) fin dal 1858 dichiarò espressamente, come le macchiette leggermente sparse per tutta la superficie del pianeta, formavano una specie di variegato difficilmente a descriversi. (Vedi anche l'impressione surriferita di Stanley Williams, n. 390).

(1) « Many of the regions shown on drawings and maps of Mars as definitely bounded, are in reality very diffused and uncertain in their outlines » (*Astr. Nachr.* n. 3453).

(2) *Comptes rendus* de l'Académie des sciences (Paris, 1892), CXV, 678.

Digitized by Google

sulla quale anche quei pochi che asseriscono d'aver osservato il fenomeno della geminazione non consentono. Sentiremo poi quello che dice Schiaparelli.

405. — La **teoria fisica** ha trovato un rappresentante nuovo nel signor Schmidt,[1] il quale pretende che i mari del pianeta siano riempiti di *biossido di carbonio* (allo stato liquido, n. 396). I continenti da molti secoli si sarebbero riempiti di ghiacci perpetui, sui quali la polvere cosmica meteorica (n. 239) caduta nel decorso di tempi immemorabili avrebbe formato un tappeto rugginoso (quale talvolta si osserva anche nelle regioni polari terrestri). Secondo questa teoria le calotte polari sarebbero condensazioni di anidride carbonica; i *canali* grandi spaccature nei ghiacciai continentali. Striscie di nubi, dovute al giuoco continuo di evaporazioni e condensazioni, lungo tutta l'estensione delle spaccature, produrrebbero i fenomeni delle apparenze variabili e della stessa geminazione dei medesimi *canali*.

Altri (come il Meisel),[2] ammettendo le predette strisce di nubi, mantengono però che queste siano dovute semplicemente all'evaporazione delle acque dei canali. La superficie cilindrica di dette masse nuvolose cagionerebbe l'apparenza della geminazione, quando la curvatura di codesta grande lente cilindrica arriva ad un certo grado determinato. L'ipotesi suppone evidentemente una differenza dell'indice di rifrazione tra l'aria secca ed umida poco corrispondente alla realtà.

Più naturale sembra piuttosto la spiegazione di Delaunay, il quale, ammettendo che nebbie più o meno dense, le quali coprono quasi sempre i mari ed i canali, talvolta si alzino ad altezze considerevoli, rimanendo poi colla loro minore rotazione (angolare) indietro relativamente alle formazioni, alle quali devono la loro origine.

Il Mayer invece crede, che le acque dei canali, ricoperte di ghiaccio nella stagione invernale, col tempo della primavera ripigliano lo stato liquido, e che questa liquefazione (come suole accadere anche qui sulla Terra) cominci dagli orli, formandosi ivi due strisce di linee più oscure.

(1) *Deutsche Revue*, cfr. *Natur und Offenbarung* (Münster, 1894), 470.
(2) *Naturwissenschaftliche Rundschau* (Braunschweig, 1890), 44.

Digitized by Google

406. — Riassumendo le varie spiegazioni ipotetiche, il giudice più competente delle medesime, il chiarissimo Schiaparelli si esprime in questo modo:

« Alcuni vedono nel fenomeno dei canali e della loro geminazione effetti di luce nell'atmosfera vaporosa del pianeta; altri crepature raddoppiate nella superficie planetaria, indurita da un inverno perpetuo; altri, supponendo reali i canali semplici, credono che il raddoppiarsi dei medesimi venga prodotto dai vapori sviluppati sopra di essi e poi lateralmente spostati dai venti. L'esame però di tutti questi ingegnosi tentativi, di spiegare la cosa, conduce a concludere " che nessuno di essi sembra corrispondere per intiero ai fatti osservati nel loro insieme e nei loro particolari. Alcune di esse non sarebbero neppur nate, se i loro autori avessero potuto esaminare le geminazioni coi propri occhi ".(1)

« Più facile sembrerebbe il còmpito d'una spiegazione plausibile (continua l'astronomo milanese), se volessimo introdurre forze appartenenti alla natura organica, dove il campo delle supposizioni è semplicemente immenso, tanto nel regno vegetale, quanto nell'animale per spiegare con mezzi relativamente piccoli e semplici le varie apparenze » (n. 392).

407. — Da ciò si vede, quanto sia labile il fondamento di tutte le teorie fondate sopra osservazioni così precarie; d'altronde si capisce qual campo spazioso di speculazioni fantastiche si apra qui a tutti quelli che preferiscono di ascrivere semplicemente i fenomeni discussi all'opera di esseri intelligenti. I canali di Marte sono diventati semplicemente il cavallo di battaglia degli apostoli della pluralità dei mondi abitati, tra i quali l'eloquente astronomo francese Camillo Flammarion pretende d'occupare un posto primario.

Secondo questo scrittore entusiastico ed imaginoso, i canali di Marte non sono altro che un sistema di partizione ragionata delle acque marziali, diventate rare nei continenti livellati. L'entusiasmo suscitato nella scuola del Flammarion crebbe a tal grado, che si proposero somme considerevoli come premio, a chi sarebbe il primo a dimostrare coll'osservazione

(1) *Natura ed Arte* (Milano, 1893), 24. Cfr. *La Nature* (Paris, septembre 1900), 219.

Digitized by Google

diretta la presenza di quegli esseri ragionevoli, e più ancora a chi riuscisse stabilire un mezzo di comunicazione diretta coi pretesi abitanti del pianeta. Alcuni credettero di riconoscere già nei punti luminosi, talvolta osservati sul circolo terminatore (n. 394), i segnali dati dai popoli di Marte, ai quali converrebbe rispondere in qualche modo da parte nostra (n. 241, nota). Astronomi più seri, come lo stesso Schiaparelli, non hanno che un sorriso per tale dilettanteria; poichè pur troppo è da confessare che quanto ai risultati di osservazione finora abbiamo «poche speranze e nessun fatto», a giustificare quell'entusiasmo esuberante.

Art. VII. — I satelliti di Marte.

408. — Keplero, ricevuta la notizia della scoperta dei satelliti di Giove, indovinò immediatamente l'esistenza di simili compagni presso gli altri pianeti, affermando che si scoprirebbero col tempo due satelliti di Marte e otto di Saturno.[1] Difatti l'ottavo satellite di Saturno fu trovato da Domenico Cassini nel 1671, ma i due satelliti di Marte si fecero aspettare per più di due secoli e mezzo, cioè fino all'anno 1877, quando l'astronomo americano, Asaph Hall, dell'osservatorio di Washington, li scoprì per mezzo del nuovo grande rifrattore di quell'Istituto.[2]

La scoperta non fu fatta a caso, ma fu piuttosto il risultato di ricerche metodiche; misurando cioè col micrometro (I, n. 184) la distanza relativa di piccole stellette intorno al disco planetario, l'Hall incontrò il giorno 11 agosto una stelletta (di XII grandezza), la quale gli sembrò che partecipasse al moto relativo del pianeta. Fino al giorno 16 il tempo non permise una verifica della scoperta problematica; in quel

(1) Kepleri Op. omn. (ed. Frisch), II, 491. Questa persuasione di Keplero si vede anche espressa nel versetto «semibarbaro»: *Salve umbistineum geminatum, Martia proles*, col quale egli credette di poter sciogliere l'anagramma, dal Galileo trasmesso, che conteneva le lettere trasposte del seguente annunzio: *Altissimum planetam tergeminum observavi.* Così Galilei pubblicò la strana apparenza di Saturno. L. c. II, 462.

(2) Il rifrattore dell'apertura di 66 cm. era allora il più grande del mondo.

Digitized by Google

giorno però la stelletta fu di nuovo veduta. L'osservazione, continuata per ben due ore, mise fuori di dubbio il fatto che la stelletta seguiva il moto del pianeta; ma questo fatto solo (come sapeva bene il suo osservatore) non provava ancora l'appartenenza della stelletta al pianeta, potendo semplicemente trattarsi di uno dei molti pianetini tra Marte e Giove.(1)

409. — La natura del satellite fu accertata il giorno seguente (17 agosto), quando il fortunato scopritore lo vide emergere tranquillamente dai raggi del pianeta principale, descrivendo maestosamente l'orbita congetturata intorno al medesimo. Seguendo con grande attenzione il moto della piccola luna, Hall vide un' altra stelletta simile, più vicina al pianeta, la quale però dopo poco tempo scomparve nei raggi di Marte per ricomparire poi dall'altra parte. Continuate osservazioni fino al giorno 20 di agosto non lasciarono più dubbio sulla realtà della scoperta di un secondo satellite.

Avuta la notizia telegrafica dell'avvenimento, tutti i potenti cannocchiali del mondo furono diretti verso il pianeta, per verificare la scoperta, tanto meno aspettata, in quanto si sapeva che ricerche sistematiche, per scoprire un satellite presso Marte, erano già state fatte inutilmente dall'astronomo d' Arrest una diecina di anni fa, coll'eccellente rifrattore di Kopenhagen. I satelliti furono davvero ritrovati, non soltanto per mezzo dei telescopi più grandi, ma quando si conosceva l'apparente grandezza e la **posizione relativa** delle due piccole lune (delle quali una si scostava soltanto un diametro di Marte, l'altra circa 3,5 diametri dal centro del pianeta), anche telescopi di dimensioni minori (fino a 16 cm. di apertura) riuscirono ad osservarle in condizioni più favorevoli.

410. — Il più vicino satellite ricevette dallo scopritore il nome di Fobos, l'altro quello di Deimos.(2) La rivoluzione del primo si compie nel breve tempo di 7 ore, 39 minuti,

(1) Questo sospetto era tanto più fondato, in quanto uno degli asteroidi, l'*Europa* (52), doveva appunto in quel tempo trovarsi nelle vicinanze di Marte.

(2) I nomi alludono ai due compagni di Marte, *l'Orrore* (φόβος) e *lo Spavento* (δεῖμος), menzionati da Omero (*Il.* XV, 119):

> Ὣς φάτο – καὶ ῥ' ἵππους κέλετο Δείμὸν τε Φόβον τε
> Ζευγνύμεν; αὐτὸς δ' ἔντε ἐδύσσετο παμφανόωντα.

Digitized by Google

13,94 secondi; quella del secondo in 30 ore, 17 minuti, 54,38 secondi. Il senso di questo moto è naturalmente lo stesso come quello della rotazione del pianeta, cioè quello dei corpi celesti finora considerati (☾, ♂, ☽), da ovest verso est. Nella rapida rivoluzione però di **Fobos** si verifica un **caso unico** nel nostro sistema planetario, cioè d'un satellite che compie una rivoluzione intera intorno al suo pianeta, prima che questo abbia fatto una rotazione intera intorno all'asse proprio. Per conseguenza questa piccola luna di Marte, col suo moto apparente, percorre il cielo di Marte da ovest verso est, levandosi cioè a ponente, per tramontare circa 11 ore più tardi a levante.

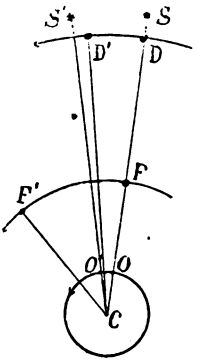


Fig. 108. Moto relativo di Marte e de' suoi satelliti.

Nell'annessa figura 108 il cerchietto interno col centro C rappresenti l'equatore di Marte, il circolo concentrico vicino FF', l'orbita di Fobos, l'altro DD' l'orbita di Deimos. Un osservatore sopra Marte in O, il quale abbia allo zenit i due satelliti F e D insieme con una stella fissa lontanissima S, dopo un'ora sarà trasportato da O in O' in conseguenza della rotazione del pianeta; essendo $\measuredangle O'CO = 360° : 24{,}62 = 14°{,}62$. Fobos invece nello stesso intervallo di tempo sarà passato da F in in F', essendo $\measuredangle F'CF = 360° : 7{,}65 = 47°{,}06$. Deimos sarà spostato da D in D', essendo $\measuredangle D'CD = 360° : 30{,}30 = 11°{,}88$. Per conseguenza, mentre il cielo stellato di Marte percorre da est verso ovest l'angolo-orario O'CO ossia S'CS, il satellite Deimos percorre nello stesso senso soltanto il piccolo angolo $S'CD' = \measuredangle S'CS - D'CD = 14°{,}62 - 11°{,}88 = 2°{,}74$. Fobos invece si è spostato dal meridiano verso est dell'angolo $S'CF' = \measuredangle F'CF - S'CF = 47°{,}06 - 14°{,}62 = 32°{,}44$. Conseguentemente bastano circa 11 ore acciocchè questo satellite faccia due appulsi consecutivi allo stesso meridiano areografico; ossia nell'intervallo di un giorno marziale ($24^h{,}62$), la piccola luna appare ben due volte sull'orizzonte occidentale, per tramontare altrettante volte sotto l'orizzonte orientale.

411. — Non meno curioso è il corso apparente del secondo satellite **Deimos**, il quale col suo spostamento relativo

Digitized by Google

di soli 2°,74 in un'ora, rimane ben cinque giorni interi sopra l'orizzonte d'un osservatore marziale. Soltanto la forte parallasse accorcierebbe un poco questo tempo.(1)

Misure fotometriche, fatte da E. Pickering (Harward College Observatory), assegnano a Deimos la grandezza media di 12,74; a Fobos quella di 12,68. Da ciò si conclude che **il diametro** dei medesimi (supponendo il loro potere riflettente uguale a quello di Marte) è di circa 8 $^1/_2$ km.; conseguentemente un buon camminatore potrebbe ivi in un giorno ed a piedi fare il giro del mondo.

Gli **elementi delle orbite** dei due satelliti furono calcolati dallo stesso scopritore come segue:

Elementi	Fobos	Deimos
Rivoluzione	$7^h\ 39^m\ 13^s,94$	$30^h\ 17^m\ 54^s,38$
Distanza media (areocentrica) . .	2,771	6,921 (raggi ♂)
Eccentricità	0,032079	0,005741
Inclinazione all' eclittica	26° 17′,2	25° 47′,2

412. — Confrontando le inclinazioni con quella di Marte stesso (26°,21′), si vede che i satelliti percorrono la loro orbita quasi nel piano equatoriale del pianeta, presso il quale piano sono ritenuti dalla **depressione polare** di Marte (I, n. 442). Anzi lo spostamento veloce della linea degli absidi del satellite più eccentrico (Fobos), di 158° all'anno, permette di calcolare

(1) Chi ama trasportarsi colla fantasia sopra quei mondi lontani trova ivi spettacoli, che in grandiosità sorpassano facilmente tutto ciò che vediamo in questo genere qui sulla Terra. Quale sarà, per es., dal satellite più vicino l'aspetto del gigante Marte, che col suo diametro apparente coprirebbe ben 42° d'un circolo massimo celeste! Quale deve essere lo spettacolo delle grandiosi fasi del medesimo, tutte percorse dal pianeta non in un mese, ma in poche ore! quale il giuoco continuo delle giornaliere eclissi totali del Sole, che durano ivi non pochi minuti, ma parecchie ore! Come brillerà ivi quell'anello di asteroidi (I, n. 594), i quali nella massima vicinanza a Marte arrivano facilmente allo splendore delle stelle fisse più luminose.

Digitized by Google

la detta depressione la quale fu trovata da H. Struve[1] del valore di 1 : 190.

Anche la **massa di Marte** (secondo i metodi già indicati, n. 265) fu precisata per mezzo delle osservazioni dei satelliti; essa è soltanto un decimo della massa terrestre. Confrontandola col volume del pianeta che è soltanto 0,16 del volume della Terra, si trova per la densità media del pianeta (relativamente alla densità della Terra) il valore 0,704, relativamente a quella dell'acqua 3,89. Il peso d'un chilogrammo portato dalla Terra alla superficie di Marte, ivi per la minore forza di gravità peserebbe soltanto 0,37 kg.; un grave che cadendo alla superficie terrestre in 1^s percorrerebbe lo spazio di metri 4,91, cadendo alla superficie di Marte percorrerebbe metri 1,83 soltanto. Ritorneremo a queste considerazioni quando tratteremo della questione generale tanto dibattuta, intorno all'abitabilità dei corpi celesti.

CAPITOLO II.

IL PIANETA GIOVE (♃).

413. — Giove (lat. *Jupiter*, Jovis; grec. Ζεύς, Διός), essendo il maggiore di tutti i pianeti del nostro sistema solare, merita perciò stesso l'attenzione speciale dell'astronomo. Esso è tra i suoi compagni anche quello (dopo Marte), di cui l'astrofisica si è occupata con più successo, ed è per questa ragione che noi ne trattiamo in questo capitolo. Giove fu il pianeta che più d'ogni altro ebbe una certa attrattiva per le **prime osservazioni** telescopiche; non tanto però a cagione dei particolari che si distinguevano sulla sua superficie, che per il suo sistema lunare, segnalato (1610) dal Galilei nel *Nunzio sidereo* (I, n. 172). Si vedeva per la prima volta un pianeta circondato da satelliti, imitando in ciò il nostro sistema lunare, e confermando quindi in certa maniera indirettamente la contrastata (I, n. 379 sg.) natura planetaria della Terra stessa.

(1) Benchè questa depressione superi quella della Terra (I, n. 306), ciò non ostante si sottrae all'osservazione diretta, parte per la piccolezza relativa, parte per l'irradiazione delle calotte polari (n. 364).

Digitized by Google

414. — Il pianeta al tempo dell'opposizione splende talmente che si scorge l'ombra de' suoi raggi in un ambiente oscuro. La grandezza apparente del suo diametro equatoriale di 37″,50 (alla distanza media del Sole 5,2 volte più grande della distanza della Terra), suppone un globo del diametro di circa 140 000 km. e ciò (tenendo conto della considerevole depressione polare) un volume 1300 volte più grande del volume della Terra (cfr. fig. 82, pag. 223). La superficie della Terra sta a quella di Giove come 1 : 116; le masse rispettive come 1 : 308. Per conseguenza la densità media di Giove è quattro volte minore della densità della Terra, e poco superiore (1,4) a quella dell'acqua. L'accelerazione della gravità all'equatore del pianeta è 2,5 volte più grande dell'accelerazione relativa all'equatore terrestre, cioè un grave percorrerebbe ivi nel primo secondo 2,5 volte 4,9 metri ossia 12,3 metri. Attesa l'eccentricità delle due orbite (I, n. 593) della Terra e di Giove (0,05), la distanza relativa del pianeta da noi varia considerevolmente, di modo che l'apparente diametro da 50″ può passare a 30″ soltanto. **Il primato di Giove** sopra gli altri pianeti si manifesta anche in ciò, che la sua massa sorpassa quasi 3 volte la somma delle masse di tutti gli altri, formando esso un secondo piccolo sole nel nostro sistema. Diciamo *piccolo*, poichè del Sole vero e centrale anche la massa di Giove rappresenta soltanto un millesimo.

Art. I. — La rotazione del pianeta dedotta dalle macchie.

415. — Quelli che osservarono al principio del secolo XVII il pianeta Giove per mezzo del cannocchiale testè inventato, non dicono niente intorno alle macchie che ora si vedono sul disco del pianeta anche in un telescopio di piccole dimensioni. Il primo che ne fece menzione fu il P. Giov. Batt. Zupi S. I., dopo il quale anche i suoi confratelli di religione, i PP. Bartoli, Zucchi, Riccioli e Fr. Grimaldi insieme all'astronomo napoletano Fr. Fontana (n. 351) le osservarono.[1]

(1) Lo storico R. Wolf (*Geschichte der Astronomie.* München, 1877, p. 398), confondendo il P. Zupi col P. Zucchi, ascrive a quest'ultimo la

Digitized by Google

Le macchie vedute allora dovettero avere un aspetto generale poco diverso dal presente, cioè di **fasce o strisce** più o meno parallele al diametro maggiore del pianeta, ossia all'equatore planetario. Il P. Riccioli ci ha conservato nel suo *Almagesto* (I, 486) alcuni dei primi disegni, fatti da sè e dai predetti suoi colleghi negli anni 1639, 1643, 1644, 1648 nelle città di Napoli, Roma e Bologna. Questi disegni mostrano il disco planetario traversato da fasce parallele, ora rettilinee, ora leggermente curvate colla convessità voltata, verso l'uno, o verso l'altro polo. Il loro numero e la forma varia da un disegno all'altro. Degno di nota è quello che annotava il P. Grimaldi in Bologna intorno alla posizione di queste fasce: « Molte volte abbiamo fatto l'osservazione che le fasce ed i satelliti di Giove conservano la stessa posizione relativamente all'eclittica, alla quale rimangono pressochè paralleli »; da ciò il Riccioli deduce giustamente la spiegazione della prospettiva variabile, poc'anzi accennata.

416. — Riccioli (loc. cit.) non si pronunzia definitivamente sulla natura di quelle macchie, sospetta però a cagione della variabilità (non puramente prospettiva) delle medesime, che si tratti di spaccature o valli, adombrate da prominenze montagnose (*sive quid aliud*). Lo spostamento regolare delle macchie

scoperta delle macchie di Giove; mentre Riccioli (citato dal Wolf in conferma della sua asserzione) dice espressamente: *Illas vidit primus quod sciam P. Io. Bapt. Zupus, Societatis nostrae.* Lo stesso errore trovasi però già nella Storia del *Bailly* (Paris, 1825), *Poggendorf* (1878) ecc. Altri, sopprimendo il nome del P. Zupi, ascrivono l'invenzione al Fontana, nominato dal Riccioli (contemporaneo) soltanto in secondo luogo. Zucchi († Roma 1670), predicatore apostolico presso Alessandro VII, inventò il telescopio riflessore (I, n. 176); Zupus invece osservò col Fontana in Napoli; egli fu anche il primo che vide le fasi del pianeta Mercurio. MAEDLER (*Geschichte der Himmelskunde.* Braunschweig, 1873, vol. II, p. 333) confonde le professioni, chiamando il Fontana, « *che pretese d'aver inventato il telescopio nel 1608* », *Gesuita*; Zupus invece avrebbe soltanto attestato d'aver veduto questo strumento presso il Fontana dal 1614. La detta pretesa del Fontana si riduce, del resto, ad una sua effigie, prefissa all'opera, dal medesimo pubblicata in Napoli nel 1646 (*Novae coelestium terrestriumque rerum observationes*), che porta l'iscrizione: *Fr. Fontana Neapolitanus, novi optici tubi astronomici inventor* A. 1608); con ciò non fece altro che imitare Galilei, il quale pure nel titolo del suo *Nuncius sidereus* (I, n. 379) parlava del *perspicillo nuper a se reperto* (cf. I, n. 172). Le parole *inventor* e *reperire* devono qui intendersi nel senso di *costruttore* e *costruire.*

Digitized by Google

superficiali dimostra la **rotazione** del pianeta intorno ad un asse proprio,[1] la variabilità però cogli spostamenti accidentali rende difficile l'esatta determinazione del periodo della medesima. Dom. Cassini (1665) dedusse dall'osservazione d'una macchia più spiccata e più durevole, che il globo gigantesco di Giove si rivolge intorno all'asse proprio nel breve tempo di 9 ore e 56 minuti. Più tardi (1690) il Cassini rinnovò le sue misure con cura maggiore e trovò un periodo 5 o 6 minuti più breve del predetto. Simili divergenze si osservano però ancora al presente, specialmente se le macchie, a ciò adoperate, appartengono a latitudini (giovigrafiche) diverse. Dalle varie determinazioni fatte si deduce come valore medio per la rotazione del pianeta il periodo di 9 ore, 55 minuti e 30 secondi. Tale velocità di rotazione in un globo così colossale deve naturalmente produrre una grande forza centrifuga, e con ciò una considerevole depressione polare, supponendo che il pianeta abbia avuto flessibilità sufficiente a cedere alla detta forza.

417. — Infatti basta uno sguardo al telescopio a persuadersi di codesta **depressione polare**. Il diametro equatoriale supera in lunghezza talmente l'asse polare, che la forma ellissoidale del disco apparisce immediatamente all'occhio dello spettatore. Il silenzio dei primi osservatori sopra questa cosa si dovrà probabilmente ascrivere al sospetto da essi avuto, essere quella figura dovuta all'imperfezione dell'imagine telescopica (I, n. 174), come anche oggidì la fotografia esagera molto la detta depressione[2] facendola apparire pressochè di $^1/_5$. Del resto, se Evelio nel 1647 descrive il pianeta come abbastanza rotondo (*ziemlich rund*), egli indica con ciò sufficientemente la mancanza di rotondità perfetta. Cassini (1691) determinò, per mezzo di misure micrometriche, la depressione

(1) Il senso della rotazione è lo stesso come quello della rotazione del Sole, della Terra, della Luna, di Marte, ecc.; identico a quello della traslazione di tutti i pianeti e dei satelliti di Giove, cioè verso noi da est verso ovest. Non sarà necessario avvertire che il telescopio astronomico inverte la direzione dello spostamento apparente.

(2) Si veda, p. es., la fotografia dell'osservatorio Lick del 19 agosto 1871 (riprodotta nell'opera di SCHWEIGER-LERCHENFELD, *Atlas der Himmelskunde*, p. 31), nella quale il diametro verticale è di 37 mm. soltanto, mentre quello orizzontale arriva a 45 mm. L'esagerazione è senza dubbio dovuta all'attività attinica minore dei raggi chimici delle regioni polari.

Digitized by Google

polare, trovandola di 1:15, ossia 0,06735. Determinazioni più moderne (di Bessel, Johnson, Secchi, Winnecke, Kaiser, Main, Bellamy, Schur, ecc.) confermarono generalmente questo valore, dando più precisamente come risultato definitivo 0,073. Assegnando cioè al diametro equatoriale la lunghezza di 140000 km., quella dell'asse polare sarebbe di 130 000 km. soltanto. La scoperta della depressione polare di Giove conferì non poco a chiarire le idee intorno ad una depressione simile, allora soltanto sospettata, nella Terra (I, n. 304).

418. — La differenza dei due diametri, equatoriale e polare, facilitò dipoi anche l'esatta determinazione della **posizione dell'asse**, relativamente al piano dell'eclittica e a quello dell'orbita planetaria. L'asse di rotazione fa con quello dell'orbita un angolo di soli 3°; per conseguenza la variazione delle stagioni in un *anno gioviale* (già 12 volte più lungo del nostro), deve essere appena sensibile sulla superficie planetaria, dalla quale inoltre il Sole apparirebbe come un dischetto luminoso di 6′ (5 volte più piccolo del disco solare, veduto dalla Terra); l'intensità della luce solare sarà quindi appena $\frac{1}{27}$ ossia 0,037 di quella ricevuta da una uguale superficie sulla Terra.

Il piano equatoriale fa coll'eclittica un angolo di poco più di 3°; per conseguenza la convessità delle strisce, parallele all'equatore del pianeta, non è molto sensibile. Tutti questi varî elementi della rotazione serviranno poi, per farci acquistare un'idea giusta sulla fisica costituzione del pianeta.

Art. II. — Osservazioni moderne della superficie planetaria.

419. — La figura 109 rappresenta il pianeta Giove, come noi stessi l'osservammo col nostro equatoriale di 27 cm. di apertura in quest'ultima opposizione del 1905, la sera del 25 gennaio. La metà inferiore del disco (l'emisfero boreale) era uniformemente luminosa, soltanto dal parallelo di circa 40° verso il polo si notavano ombre leggerissime (parallele alla striscia equatoriale più spiccata. Una striscia somigliante si vedeva alla latitudine australe di circa 50°, mentre **una fascia larga** (di almeno 15°) occupava lo spazio intermedio tra l'una

Digitized by Google

e l'altra. Il **punto nero**, che vedesi al limite di questa fascia oscura, era l'ombra del secondo satellite, il quale fece il suo ingresso sul disco apparente del pianeta alle ore 7, min. 49 (t. m. E. C.), formando prima un'intaccatura sottilissima nel lembo luminoso di Giove, poi in un tratto staccandosi dal medesimo, avanzava da est verso ovest, ossia da destra verso sinistra (nel telescopio invertente). Poco prima (alle ore 7 e 27 min.) si vedeva sul medesimo parallelo lo stesso **satellite luminoso**, proiettato sul lembo occidentale del disco di Giove meno luminoso. A cagione cioè dell' atmosfera gioviale il disco planetario apparisce meno chiaro verso il lembo che nel mezzo; e perciò in mezzo al medesimo, vicino al meridiano centrale, il satellite rimase invisibile.

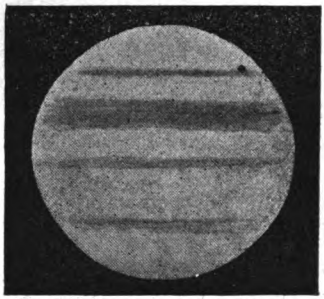


Fig. 109. Giove osservato al Gianicolo nel 1905.

420. — Per vedere tali particolari ci vuole un telescopio di dimensioni simili al nostro (di 27 cm.), come abbiamo espressamente constatato, osservando poco dopo i medesimi fenomeni all'equatoriale piccolo (di 10 cm. I, n. 205). Questo, benchè di ottima qualità, appena permise di vedere qualche traccia dell'ombra del satellite, così nettamente visibile nell'equatoriale maggiore. Si noti poi che l'ombra talvolta sembra maggiore del satellite stesso, a cagione della penombra che rende diffusi i contorni dell'ombra pura (I, n. 504). Le strisce oscure in quest'occasione avevano una forma molto regolare, con confini quasi rettilinei; vicino al lembo esse sembravano troncate dall'**atmosfera** gioviale, che col suo strato vaporoso e continuato, ne impediva la vista. Nelle regioni più oscure si scorgeva un certo colorito rossiccio, specialmente nell'emisfero boreale (inferiore nella figura).

421. Simili disegni vedonsi nelle *Memorie* dell'Osserv. del Coll. Rom. (vol. II dal 1860 al 1863, pag. 79, tav. V), fatti dal P. Secchi nei mesi di settembre, ottobre e dicembre del 1856, e nell'aprile e giugno del 1863. Egli si limitò alla

Digitized by Google

pubblicazione di dieci disegni soltanto, poichè da essi risulta già a colpo d'occhio la notabile **varietà** delle macchie principali, insieme alla loro natura atmosferica. Una macchia nera osservata il 10 ottobre 1856, che durò varii giorni, il P. Secchi sospettò che fosse cagionata da una grande burrasca. Nelle due figure del 1863 si notano piccoli pezzetti lucidi come nuvolette isolate; essi furono osservati anche da altri osservatori come una specie di punti bianchi; il P. Secchi nota però che non li vide mai rotondi, ma semplicemente o allungati o irregolari di forma, e non mai da potersi confondere con satelliti. Dallo stato turbolento dell'atmosfera gioviale egli conclude, (1) che il pianeta deve trovarsi in un periodo di sviluppo cosmologico simile a quello della Terra in epoche remotissime (n. 104).

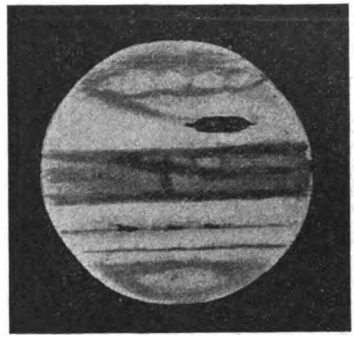


Fig. 110. Giove colla grande macchia rossa.

422. — Negli anni 1870, 1871 e specialmente nel 1872 Giove presentò nella regione equatoriale un colore rosso, assai differente da quello giallo lucido, che si osserva ordinariamente sulla superficie, libera di macchie. Il P. Secchi dice espressamente di non avere veduto mai cosa somigliante, se non forse nel 1861, quando si scorgeva qualche traccia di colorito rossiccio. Già fin dal 1787 l'astronomo Schröter notò l'apparizione di macchie assai rosse. Una grande macchia dello stesso colore sanguigno si osservò nel 1877, nell'emisfero australe del pianeta, alla latitudine di 25°. Questa **macchia rossa** (Fig. 110) di forma ellittica (o piuttosto della figura di una barca), rimase dipoi visibile per molti anni seguenti; essa acquistò coll'andar del tempo tali dimensioni, che secondo l'osservatore più assiduo della medesima il Dr. Lohse di Potsdam, coprì ben due diametri terrestri in longitudine, e circa un semidiametro in lati-

(1) *Le Soleil*, II, 394; ivi si trova riprodotto l'accennato disegno del 10 ottobre 1856.

Digitized by Google

tudine. La macchia sembrava dotata d'un moto proprio, di circa 3 o 4 metri al secondo, contrario al moto rotatorio del pianeta. Noi stessi osservammo la macchia, benchè di contorni meno distinti, ancora nei primi mesi del 1885 all'osservatorio di Stonyhurst (Inghilterra), quando anche le altre strisce della superficie planetaria presentavano di nuovo un colorito rossiccio. La macchia impallidì sempre più negli anni seguenti; ma nel 1891 diventò di nuovo più marcata, avendo un diametro longitudinale di 46 000 chilometri, un diametro in latitudine di circa 14 000 chilometri, che rappresenta relativamente alla superficie di Giove un'area, come quella di tutta l'Australia relativamente alla superficie terrestre! (1)

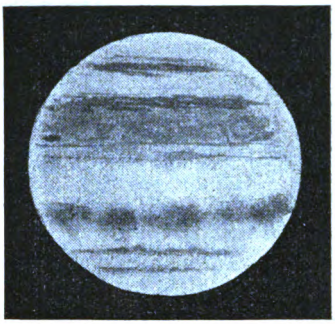


Fig. 111. Macchie varie osservate in Giove.

423. — Sebbene il disco apparente di Giove presenti sempre la suddetta figura tipica con strisce parallele, ciò non ostante le configurazioni, il raggruppamento e la distribuzione di quelle macchie, mostrano una grande variabilità. Spesse volte le strisce più sottili sembrano qua e là rinforzate da una

(1) L'apparizione di tali macchie sembra essere stata osservata fin dai primi tempi delle osservazioni telescopiche; poichè Keplero (1610), cercando la soluzione d'un anagramma di Galilei (simile a quello menzionato di sopra n. 408) indicante la scoperta delle fasi di Venere, trasmise a Galilei tra altri i seguenti tentativi (Kepl. op. ed. Frisch, II, 468):

Cetera imperfecta: maculam rufam gyrari observavi.
Nam Jovem macula, hem rufa testatur.

L'anagramma correva così:

Haec immatura a me iam frustra leguntur, o. y.

La soluzione intesa da Galilei era questa:

Cynthiae figuras aemulatur mater amorum.

Keplero potrebbe quindi essere considerato non solamente come scopritore delle macchie rosse, ma anche della rotazione del pianeta, della quale egli era, del resto, così persuaso, che indovinò perfino, si direbbe quasi *a priori*, che il periodo di questa rotazione sarebbe minore di quello della rotazione della Terra (l. c. II, 503, 526; VI, 361).

Digitized by Google

specie di nodi oscuri, ovvero di piazzette luminose; quelli si rassomigliano in qualche modo alle ombre dei satelliti, queste alle proiezioni luminose degli stessi satelliti sul disco planetario (Fig. 111). Tutte queste **macchie e macchiette** partecipano naturalmente al moto rotatorio del pianeta, spessissime volte però esse mostrano anche qualche spostamento particolare. Notevole è pure il cambiamento del colore delle macchie oscure. Queste da principio sembrano nere, dopo qualche tempo però l'oscurità si cambia in un rosso cupo. Macchie bianche, che si fecero vedere insieme alla suddetta grande macchia rossa, sembravano dotate d'una rotazione più veloce. L'accelerazione (di circa 5 minuti) del loro giro intorno all'asse comune, le conduceva alle volte in tale vicinanza della macchia grande, che avrebbero dovuto passare al disopra o al disotto della medesima. Questa invece sembrava respingerle o deviarle in modo, che il passaggio si effettuò piuttosto ai lati.

Art. III. — Costituzione del pianeta.

424. — Le macchie oscure di Giove hanno l'aspetto delle nostre nuvole; esse rappresentano piuttosto gli intervalli dello **strato nuvoloso** che copre quasi tutta la superficie del pianeta; poichè noi vediamo il globo planetario completamente illuminato dal Sole (senza fase oscura percettibile), e siccome le nuvole, ossia i vapori atmosferici condensati, riflettono la luce con maggiore intensità, che non le parti superficiali del pianeta, lo strato nuvoloso deve apparire a noi più chiaro del resto. I prodotti di condensazione atmosferica si producono poi più facilmente nelle regioni polari di Giove, donde è cosa del tutto naturale, che le calotte polari si vedono continuamente ingombre di dense nuvole. Nelle zone equatoriali invece il calore solare aiutato dalla forza centrifuga e dalle maree atmosferiche, riesce più facilmente a diminuire la densità di quei vapori, per farci travedere qualche zona della superficie planetaria. Le zone oscure, rese visibili in questo modo, non mostrano però quella costanza di configurazioni di mari e continenti, che vediamo sulla Terra e che (nel capitolo precedente) abbiamo potuto constatare in Marte.

Digitized by Google

425. — Tutto fa credere che Giove si trovi in uno stadio di sviluppo cosmologico, nel quale la **crosta superficiale**, non ancora del tutto consolidata, viene frequentemente rotta da violente eruzioni. I vapori, lanciati in alto, formerebbero quelle macchie bianche che si osservano alle volte per lungo tempo presso a poco nei medesimi posti. Essi, venendo da regioni più basse, e perciò ruotando con velocità minore degli strati atmosferici nei quali restano sospesi, cagionano ivi continui attriti, dai quali nasce poi quel parallelismo caratteristico delle configurazioni gioviali.

Così la grande macchia rossa testè descritta, probabilmente non è altro che il prodotto d'una tale eruzione o spaccatura della corteccia del pianeta. La massa eruttata semiliquida e rovente, dissipando le nuvole nelle sue vicinanze, dovette a noi cagionare l'impressione d'esercitare sopra queste una specie di ripulsione. Mano mano che quella materia veniva raffreddandosi, le nuvole cominciarono a velarne l'aspetto, finchè nuovi crepacci rinnovarono i cataclismi di prima. Difatti fu accertato dal prof. Lohse, che seguì i vari spostamenti della macchia per lo spazio di ben venti anni, che dal 1878 al 1891 la macchia mostrò uno spostamento nel senso longitudinale del pianeta rotante; dopo il 1891 quel moto accelerato si rallentò per diventar pian piano sincrono colla ruotante superficie planetaria.

426. — Non andremo quindi lungi dal vero assegnando al pianeta Giove uno **stato cosmologico** intermedio tra quello del Sole e della Terra; cosicchè i corpi celesti finora considerati, secondo il loro successivo sviluppo, formerebbero la seguente serie: ☉, ♃, ♁, ♂, ☽. Lo spettroscopio sembra confermare la stessa cosa; l'allargamento straordinario delle righe di assorbimento prova che quelle regioni oscure si trovano negli strati superficiali inferiori, donde la luce, emanata o riflessa dalle medesime, ha da attraversare un inviluppo atmosferico più spesso. (1) Così si spiega in gran parte quella luce ros-

(1) Non si è potuto accertare finora, se il pianeta abbia ancora qualche luce propria; ad ogni modo questa dev'essere ora così debole, che neppure lo spettroscopio può rivelarla con certezza. Si osserva veramente un certo rinforzo dello spettro continuo (della luce solare riflessa) nel rosso e giallo; questo però potrebbe pure essere dovuto al contrasto, cagionato

Digitized by Google

siccia, osservata in esse (n. 420). L'identità quasi perfetta di quelle righe colle telluriche, dimostra pure, che la composizione dell'**atmosfera di Giove** non può essere molto diversa dalla nostra; diciamo *non molto*, poichè nel rosso si osserva una riga oscura 617,85 μμ; la quale sembra appartenere a qualche sostanza sconosciuta. (1) Gli spostamenti anormali delle macchie, talvolta osservati sul pianeta, indicano violenti e straordinari movimenti nell'atmosfera di Giove, analoghi alle trombe, ai temporali e cicloni della nostra atmosfera terrestre. Esempi di cotali spostamenti burrascosi, già indicati dal P. Secchi (n. 421), sono stati osservati da noi ed altri nel 1885, 1897, 1902 ecc.

427. — La luce brillante di certe **macchiette bianche**, da noi interpretate come vapori emanati da eruzioni, o almeno come ammassi straordinari di condensazioni atmosferiche, fece sospettare a taluno, trattarsi piuttosto di luce propria, di grandiosi incendii, ossia di vera incandescenza di grandi aree superficiali del pianeta. Questa opinione però potrà difficilmente conciliarsi colla mancanza di righe luminose nello spettro, colla precisione delle ombre dei satelliti, passanti sopra di esse, e con altre somiglianti osservazioni. Il riverbero straordinario della luce solare si spiega abbastanza dalla forma globolare, per la quale quei cumuli giganteschi riflettono i raggi solari a foggia degli specchi sferici convessi, che funzionano come il noto eliostata (n. 28). Pare però che anche il potere riflettente di Giove (e della sua atmosfera) sia considerevolmente maggiore di quello di tutti gli altri pianeti. Tra i raggi riflessi poi l'attività chimica delle parti più luminose supera assai quella ottica, e questa l'attività calorifica.

428. — Alle molteplici prove per l'esistenza di un'atmosfera considerevole del pianeta aggiungiamo ancora alcuni fenomeni, osservati in connessione colle frequenti **occultazioni dei satelliti** dietro il disco planetario apparente. Osservammo

dall'assorbimento particolare della parte azzurra e violetta. Una prova indiretta della debolezza di quella problematica luce propria forniscono le ombre dei satelliti, non perdendo niente della precisione dei loro contorni circolari nei loro passaggi sopra le macchie rosse e bianche del pianeta.

(1) Così opinava già il P. Secchi nel 1868, come vedesi in un articoletto del *Bullett. meteorol.* del Coll. Rom. di quell'anno, p. 83.

Digitized by Google

per esempio la sera del 24 gennaio 1905 la riapparizione del III satellite (*Ganimede*) verso le ore 6, min. 13 (t. m. E. C.). Prima si scorgeva un puntino luminoso, sporgente dal lembo del pianeta, il qual punto, staccandosi poco dopo dal pianeta, apparve poi come un dischetto ellissoidale, coll' asse maggiore parallelo alla tangente al disco. Il filetto nero che lo separava dal lembo luminoso del pianeta, apparve come un'intaccatura nel medesimo. Quel dischetto sembrava contorcersi ed alle volte anche dividersi in due; insomma ci vollero circa 5 minuti, perchè il satellite fosse ben visibile nel suo splendore solito e colla solita forma perfettamente rotonda. Tutto ciò mostra l'influsso dell'atmosfera di Giove, quantunque qualche parte dell'agitazione insolita in quell'occasione fosse dovuta anche all'aria terrestre, non troppo favorevole in quell'occasione.

429. — Altre volte (per es. 13 marzo 1885) osservammo un'**ombra secondaria** d'un satellite attraversare il disco planetario insieme alla solita ombra (primaria) ordinaria. Questo fenomeno, osservato pure da altri, specialmente dall'astronomo americano Lumsden (20 sett. 1891), dimostra da una parte la parziale trasparenza degli strati nuvolosi, come pure l'altezza considerevole delle medesime. L'ombra secondaria è meno visibile della principale ed i suoi contorni sogliono essere mal definiti e variabili; vi sono dei momenti dove essa scomparisce del tutto per ricomparire poi allo stesso posto (relativamente all'ombra principale). Dalla distanza delle due ombre si dedurrebbe un'altezza dell'atmosfera di Giove di circa 3000 chilometri. Si potrebbe forse pensare all'ombra cagionata dalla luce di qualcheduno degli altri satelliti, ma allora il fenomeno si mostrerebbe più spesso; inoltre nei casi accennati la posizione degli altri satelliti sembrava escludere cotale spiegazione. Ad ogni modo si vede quante cose interessanti, atte a dare nuovi lumi sulla costituzione del pianeta, sono ancora da osservarsi, alcune delle quali spiegheremo nel seguente articolo, trattando in modo speciale dei satelliti di Giove.

ART. IV. — I SATELLITI DI GIOVE.

430. — La scoperta di quattro satelliti del pianeta rimonta ai primi tempi del telescopio. Galilei ne osservò tre per la

Digitized by Google

prima volta il 7 gennaio 1610; sei giorni dopo ne vide un quarto, ed avendo accertato la loro natura di pianeti secondari, egli pubblicò l'importante ritrovato nel già noto *Sidereus Nuncius* (I, n. 379). [1] Come però accade tante volte con simili scoperte, per le quali il terreno è preparato (n. 266; I, n. 172), così anche in quest'occasione, altri dirigendo allo stesso tempo il nuovo strumento ottico verso il cielo stellato, videro le stesse cose. Simon Mayer (lat. *Marius*) astronomo del marchese di Brandenburgo (in Anspach), narra d'aver osservato fin dal dicembre 1609 tre di quei satelliti, e che dal 29 in poi di detto mese, accorgendosi del loro moto retrogrado, cominciò a notare più accuratamente le posizioni relative dei medesimi. Osservazioni regolari furono poi fatte dal medesimo con uno strumento nuovo dal 12 gennaio 1610 in poi. [2] Comunque si pensi intorno alla priorità della scoperta, intorno alla quale nacque dipoi una vivace controversia, [3] non v'ha dubbio, che

(1) Lo stesso titolo dell'opera rileva eloquentemente l'importanza e la priorità della scoperta. SIDEREUS NUNCIUS, *magna longeque admirabilia spectacula pandens suscipiendaque proponens unicuique praesertim vero Philosophis atque Astronomis, quae a Galileo Galilei, Patritio Florentino, Patavini Gymnasii publico mathematico, Perspicilli nuper a se reperti beneficio sunt observata in Lunae facie, Fixis innumeris, Lacteo circulo, Stellis nebulosis, apprime vero observata in quatuor Planetis circa Iovis Stellam disparibus intervallis atque periodis celeritate mirabili circumvolutis; quos nemini in hunc usque diem cognitos, novissime Auctor deprehendit primus, atque* MEDICEA SIDERA *nuncupandos decrevit.* (Venetiis, 1610). Op. Gal. (ed. naz.), vol. III.

(2) Tutte queste particolarità si trovano nel libro pubblicato dal Marius sotto il titolo: MUNDUS IOVIALIS, *anno 1609 detectus ope perspicilli Belgici, h. e. quatuor Jovialium planetarum, cum theoria, tum tabulae, propriis observationibus maxime fundatae, ex quibus situs illorum ad Jovem, ad quodvis tempus datum promptissime et facillime supputari potest.* Inventore et authore Simone Mario Guntzenhusano, Marchionum Brandenburgensium in Franconia Mathematico, puriorisque medicinae studioso (Norimbergae, 1614).

(3) Già il titolo dell'opera del Mario, contenente più di un'asserzione diametralmente opposta a quelle del *Nuncius sidereus*, doveva sembrare al Galilei una specie di provocazione. Questi però, per molti anni, dissimulando il suo malcontento, non pubblicò niente contro le asserzioni del Mayer. Soltanto nel *Saggiatore* (1623) egli accusa « *forse troppo acerbamente* » (sono parole di Galileo stesso, l. c. IV, 150) il Guntzehusano, « di non essersi arrossito nel farsi autore delle cose da Galileo ritrovate, te-

Digitized by Google

Galileo fosse il primo a pubblicare la sua. In quanto alle varie date, sembrerebbe a prima vista che, supposta la veracità del Mario, la priorità sia dovuta a lui, si noti però che il Mayer (scrittore protestante) fece ancora uso (come dice espressamente nello stesso scritto) del calendario Giuliano (I, n. 552). Per conseguenza il mentovato giorno 29 dicembre 1609 (*stile vecchio*), nel quale Mario dice d'aver prestato più attenzione ai satelliti di Giove, corrisponde all'8 gennaio 1610 (*stile nuovo*), secondo giorno delle osservazioni Galileane.(1) Ad ogni modo il Mayer sarebbe da considerarsi come uno

merariamente affermando sè aver avanti al medesimo osservato i Pianeti Medicei». I testimoni però *irrefragabili* e *manifesti*, soggiunti da Galilei, per convincere il Mario del suo fallo, per mostrarlo bugiardo, anzi per dimostrare che costui probabilmente non abbia mai osservati i detti satelliti, oltre le manifeste esagerazioni, lasciano molto a desiderare, come mostrano recentemente e con grande competenza i signori J. A. C. Oudemans ed J. Bossche (*Galilée et Marius*, in «Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles», publiées par la Société hollandaise des sciences, etc. Série II, tome VIII, pp. 115 a 189). Non è qui il luogo di entrare nei particolari della controversia; neppure possiamo approvare tutte le asserzioni di quell'opuscolo. Raccomandiamo però allo studio dei nostri lettori, che vorrebbero formarsi un giudizio obiettivo ed imparziale sulla controversia stessa, la considerazione dell'importante conclusione alla quale arrivano i citati autori: «Delle *prove splendide* di Galilei, per mostrare il plagio del Mario, non rimane nulla: *Le travail de Marius, bien loin d'être un plagiat commis au détriment de Galilée, constitue un travail tout à fait indépendant et sérieux, par lequel il a en plusieurs points, devancé Galilée*» (L. c. p. 148). Si noti poi che gli autori tennero conto della difesa che in favore del Galilei aveva fatto il ch^mo editore dell'edizione nazionale delle opere Galileane, il sig. FAVARO: «Galileo Galilei e lo studio di Padova».

Anche l'osservatore inglese Harriot (n. 267) viene annoverato tra gli scopritori indipendenti del sistema gioviale. Anzi, secondo lo storico Wolf (*Geschichte der Astronomie*, 400), l'esistenza di qualche satellite di Giove (eccezionalmente visibile ad occhio nudo) era da lungo tempo, prima della scoperta telescopica, cosa nota presso i Cinesi e Giapponesi (cfr. n. 269).

(1) Galilei narra d'aver veduto tre stellette brillanti presso Giove il giorno 7 gennaio 1610, cioè due dal lato orientale del pianeta ed una dal lato occidentale, senza sospettare la loro natura planetaria, ma credendole stelle fisse. Quando però il giorno seguente (8 genn.) diresse di nuovo il telescopio verso Giove, si meravigliò di trovare le tre stellette tutte dal lato di ponente, che sembrava indicare (se trattavasi di stelle fisse) un moto diretto del pianeta, mentre questo (secondo le Effemeridi astrono-

Digitized by Google

scopritore contemporaneo ed indipendente del sistema lunare del pianeta Giove.

431. — Galilei propose di dare ai nuovi pianeti secondarii il nome di *Astri Medicei*, assegnando a ciascheduno un nome particolare dei membri della famiglia dei Medici, suoi mecenati. Il Mario da canto suo, seguendo lo stesso principio, diede ad essi il nome di *Sidera Brandenburgica*. Ma tali nomi insoliti e d'un interesse troppo personale non ottennero mai l'approvazione generale. Più felice (benchè proposta quasi scherzevolmente) o almeno più consentanea alla **nomenclatura mitologica** degli altri pianeti, sembrò la proposta del Mario, secondata dal Keplero, di chiamare i singoli satelliti (seguendo la loro successione di distanza dal pianeta) il *primo* Io, il *secondo* Europa, il *terzo* Ganimede, il *quarto* Callisto. Un poco per mancanza di serietà della proposta, un poco anche per i dubbi sul diritto del Mario, suscitati dalla controversia sulla priorità della scoperta, anche questi nomi non si vedono adoperati dappertutto. Invece di essi bastavano i semplici numeri I, II, III, IV. Ora però dopo la scoperta di altri tre satelliti, dei quali uno (il *quinto* nella serie delle scoperte) è più vicino al pianeta che i quattro antichi, gli altri invece il *sesto* ed il *settimo* si trovano fuori delle orbite di questi, una nomenclatura speciale (per evitare confusioni) s'impone. Seguiremo perciò l'esempio del *Nautical Almanac*, usando per i quattro antichi satelliti i suddetti nomi *Io* (I), *Europa* (II), *Ganimede* (III) e *Callisto* (IV). Per i più recenti, scoperti (V)

miche) doveva essere retrogrado (I, n. 318). Vedendosi davanti a qualche novità, egli aspettò con ansietà la notte seguente, ma disgraziatamente il cielo coperto impediva allora l'osservazione del pianeta. Ripetuti esami, fatti nei giorni 10 e 11 gennaio, non lasciarono più dubbio sulla natura lunare dei tre compagni di Giove, i quali manifestamente giravano intorno al pianeta principale; anzi, il giorno 14, la famiglia dei satelliti sembrava aumentata di un nuovo membro: erano quattro i satelliti, invece di tre.

Il racconto del Mario si rassomiglia nei particolari molto a quello di Galilei; ma ciò non può recare meraviglia in due osservatori, i quali, benchè in luoghi distinti e indipendenti, osservano gli stessi fenomeni. La prima notizia stampata dal Mayer sulla sua scoperta trovasi nel calendario dal medesimo pubblicato in Norimberga per l'anno 1612: *Fränkischer Kalender für das Jahr 1612.*

Digitized by Google

dal Bernard e (VI e VII) dal Perrine, useremo come nomi propri quelli di *Quinto, Sesto, Settimo*.[1]

432. La grandezza apparente, ossia la luminosità dei quattro antichi satelliti è tale che superano la cosidetta VI grandezza delle stelle fisse, le quali, come è noto, sono ancora **visibili ad occhio nudo** (I, n. 10). Non vi ha dubbio, che tutti i satelliti predetti sarebbero anch'essi visibili senza telescopio, se si trovassero ad una distanza maggiore dal pianeta principale, il quale ora li eclissa col suo splendore. Giove, veduto ad occhio nudo, apparisce come un punto luminoso, circondato da raggi divergenti, i quali sembrano protendersi fino alla distanza di tre, quattro, anzi dieci e quindici minuti (di arco), secondo la maggiore o minore acutezza della vista dello spettatore. Un occhio eccellente riesce quindi a vedere l'uno o l'altro satellite, purchè questo abbia un'elongazione sufficiente

(1) Il Quinto fu scoperto dal BARNARD all'osservatorio di Lick (California) per mezzo del grande rifrattore (I, n. 181). La notte del 9 settembre 1892, Barnard, esaminando attentamente le regioni circonvicine al pianeta, scoprì un puntino luminoso, somigliante ad una stelletta di XIII grandezza, del quale sospettò subito trattarsi di un nuovo satellite; ma la natura lunare non poteva accertarsi che la notte seguente (10 sett.), quando il micrometro rivelò tosto il moto relativo della piccola luna intorno al pianeta gigante. Il diametro del nuovo satellite arriverà appena a circa 160 km. e la sua distanza dal centro di Giove è soltanto di $1\,^1/_2$ diametro di questo, cosicchè la distanza relativamente al pianeta principale è minore di quella di *Fobos* relativamente a Marte (n. 410).

Il Sesto (satellite) come il Settimo, scoperti mentre scriviamo, sono il frutto della fotografia celeste. L'astronomo PERRINE (dello stesso osservatorio Lick) scoprì il primo, coll'esame di varie imagini fotografiche, prese nei giorni 3, 8, 9 e 10 dicembre 1904, e 2, 3, 4 gennaio 1905, nelle vicinanze di Giove, per mezzo del nuovo grande riflessore *Crossley*. La natura planetaria della stelletta di XIV grandezza fu accertata il 5 gennaio 1905, quando essa si fece vedere anche direttamente nel grande cannocchiale ad una distanza di circa 45′ dal pianeta (cfr. *Astr. Nachr.* n. 3988, 3992); l'altro (Settimo), fotografato il 2 gennaio, fu annunziato il 25 febbraio. Anche il metodo delle scoperte merita d'essere qui accennato come supplemento del detto di sopra (n. 19 sgg.) sulle scoperte fotografiche in genere. Vicini all'opposizione, i pianeti diventano due volte stazionari (I, n. 316), cioè non mostrano per qualche tempo spostamento apparente relativamente alle stelle fisse. I satelliti, però, che girano intorno al pianeta, rivelano la loro presenza con spostamento relativo. Prendendo quindi delle fotografie del pianeta stazionario, il satellite sarà discernibile dalle stelle fisse che lo circondano.

Digitized by Google

dal pianeta. Perciò non è impossibile che Ganimede (III) o Callisto (IV) siano alle volte veduti ad occhio nudo.(1)

433. — Dei varii **fenomeni ottici** che offrono le quattro lune principali nei loro giri intorno a Giove, si è già parlato nell'Astrometria (I, n. 275), mostrando come le loro eclissi, occultazioni e passaggi (tanto dei satelliti stessi, quanto delle loro ombre) si prestino alla determinazione della longitudine geografica. Il ripetersi dei medesimi dipende, primieramente dal periodo delle singole rivoluzioni,(2) in secondo luogo

(1) Arago, per dimostrare la possibilità della cosa, usò la precauzione di osservare i satelliti mediante un piccolo cannocchiale, nel quale l'obbiettivo e l'oculare avevano la stessa distanza focale; per conseguenza lo strumentino non ingrandiva l'oggetto osservato, ma serviva solamente a diminuire l' irradiazione. A. Humboldt (*Kosmos*, III, 112) riferisce il caso d'un certo Schön di Breslavia, il quale distingueva più di un satellite ad occhio nudo, indicandone senz'altro la posizione relativamente al pianeta. Parecchi altri esempi vengono raccontati da vari autori fino ai giorni nostri (*Astr. Nachr.* n. 3971). Più facilmente si vedono i satelliti in questa maniera, quando più di essi si trovano raggruppati da una parte del pianeta, sufficientemente distanti da questo. Mettendo allora l'occhio in tale posizione che Giove stesso sia coperto da qualche oggetto oscuro distante, più facilmente si riesce a vedere quel gruppo come una stelletta sola. Così noi stessi potemmo vedere, la sera del 24 gennaio 1905, il gruppo dei tre satelliti *Io* (I), *Europa* (II) e *Callisto* (IV) all'est del pianeta. Con ciò si spiega il fatto di sopra riferito, che certi popoli orientali potevano avere conoscenza del sistema Gioviale molti secoli prima della scoperta telescopica.

(2) Le rivoluzioni dei maggiori satelliti sono le seguenti:

Satellite	Rivoluzione siderale	Rivoluzione sinodica
Io (I)	$1^d\ 18^h\ 27^m\ 33^s,506$	$1^d\ 18^h\ 28^m\ 35^s,945$
Europa (II). . . .	3 13 14 36, 393	3 13 17 53, 735
Ganimede (III) . .	7 3 42 33, 362	7 3 59 35, 854
Callisto (IV) . . .	16 16 31 49, 702	16 18 5 6, 924

La distanza apparente massima dal centro ♃ (veduta dal ⊕) sarebbe: V = 0′,8; I = 1′,9; II = 3′,0; III = 4′,7; IV = 8′,3.

Il Quinto (V) compie la sua rivoluzione (siderale) in $11^h\ 57^m\ 22^s,580$. Del *Sesto* e *Settimo* gli elementi sono ancora troppo incerti; le loro distanze apparenti però di 50′ e 60′ da ♃ accennano ad orbite assai estese, cioè circa cinque volte più grandi di quella di Callisto; ciò suppone (I, n. 377) una rivoluzione in un periodo da circa 180 a 200 giorni, tenendo pur conto della maggior vicinanza della Terra.

Digitized by Google

dalla posizione del Sole e della Terra relativamente al piano delle orbite, poco inclinato all'eclittica (circa 2 gradi). Quando la Terra nella sua orbita trovasi circa 90° distante dalla *linea dei nodi* (I, n. 584) delle dette orbite (poco differenti l'una dall'altra), l'orbita di *Callisto* (IV) non si proietta più sul disco planetario, ma passa al disopra ed al disotto senza toccarlo, come vedesi nella figura 112, che rappresenta l'aspetto telescopico (inverso) delle quattro orbite principali in tale occasione,[1] come per es. nel 1892. Per conseguenza non si vedono allora nè passaggi della lunula davanti al disco planetario, nè occultazioni dietro il medesimo; neppure accadono eclissi di Callisto, essendochè essa non attraversa più il cono ombroso

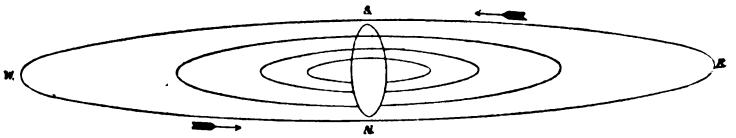


Fig. 112. Le orbite dei satelliti di Giove nel 1892.

dietro Giove. Circa sei anni prima o dopo tale configurazione, cioè compiuta una semirivoluzione di Giove intorno al Sole (e la Terra), l'apertura di quelle ellissi apparenti, che nel caso nostro è voltata verso Nord, sarà viceversa voltata verso Sud (come era per es. nel 1888). Quando invece la Terra trovasi vicino ai nodi delle orbite, queste si proiettano come linee rette sul fondo del cielo; le lune si vedono allora schierate quasi in fila dai lati del pianeta principale; allora Callisto, non meno delle sue compagne, mostra i varii fenomeni ottici di sopra accennati.[2]

(1) Tali figure, pubblicate annualmente nell'*American Ephemeris* (I, n. 110) facilitano l'identificazione dei singoli pianeti, specialmente quando due o più di essi trovansi raggruppati dal medesimo lato del pianeta. Per economia di spazio le dimensioni verticali (del disco planetario e delle orbite) sono esagerate tre volte relativamente alla scala orizzontale, per far vedere meglio la distinzione da farsi dai singoli satelliti.

(2) Le varie strisce osservate sul disco apparente del pianeta, le quali sono pressochè parallele alle dette orbite, soltanto per la minore loro estensione e per la poca inclinazione dell'equatore gioviale all'eclittica, appa-

Digitized by Google

434. — Le eclissi accadono ora da una parte del pianeta verso Est (E), ora dall'altra verso Ovest (W), secondo la relativa posizione della Terra rispetto al Sole, col cambiamento della quale il cono ombroso si trova ora verso E, ora verso W. Col cambiamento poi della direzione dell'ombra del pianeta, opposta al Sole, cambia pure la successione dei passaggi di un satellite e dell'ombra del medesimo sul disco apparente di Giove.[1] Le Effemeridi astronomiche sogliono indicare per ogni sera la **posizione relativa** dei quattro satelliti principali coi fenomeni da osservarsi ai tempi determinati, facilitando con ciò, ed anche con indicazioni grafiche, l'osservazione dei medesimi (Fig. 113).

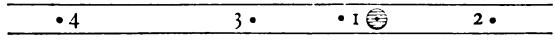


Fig. 113.

La presente figura dà un esempio della riproduzione grafica per la mezzanotte tra il 1905 e 1906 (secondo il *Nautical Almanac*). Il senso dello spostamento dei singoli satelliti è indicato dalla posizione dei numeri, verso i quali essi si muovono; conseguentemente mentre Io (I), Europa (II) e Callisto (IV) si muovono verso Giove, Ganimede (III) si allontana dal medesimo. L'imagine è inversa, come apparisce in un telescopio astronomico.[2]

riscono comunemente come linee rette, e non come ellissi. Esse mostrano che l'equatore non può essere molto inclinato all'eclittica, come lo indica pure la depressione polare. La determinazione diretta però della posizione dell'asse di rotazione offre non poche difficoltà; si ammette generalmente con Laplace, che il piano equatoriale del pianeta coincida con quello di *Io* (I). L'orbita di questo satellite è inclinata 3° 5′,4 all'orbita di Giove, sulla quale ascende (☊) alla longitudine di 314° 33′,3 (cfr. I, n. 593).

(1) Volendo osservare i momenti della riapparizione d'un satellite, emergente dall'ombra del pianeta, è di qualche importanza il sapere, in qual punto della regione circonvicina al pianeta debba aspettarsi tale emersione. Perciò le Effemeridi astronomiche (*Naut. Almanac.* ecc.) pubblicano per ogni mese (a capo delle rispettive configurazioni) quattro imagini inverse del disco di Giove pei vari satelliti, indicando con stellette non solamente la posizione relativa del punto della riapparizione (*r*), ma anche quello della scomparsa (*disappearance d*). Se l'ombra per noi trovasi in parte nascosta dietro il pianeta, l'uno o l'altro soltanto di questi punti (*d* ovvero *r*) sarà visibile.

(2) Nei disegni rispettivi delle Effemeridi astronomiche le posizioni giornaliere di un mese non occupano più d'una pagina. Siccome in essi

Digitized by Google

435. — L'osservazione dei fenomeni accennati non è priva d'interesse per l'Astrofisica (come si disse già ai nn. 419, 428). Specialmente le osservazioni, fatte con strumenti di grande potere ottico, che permettono un ingrandimento di 1000 volte, scoprono ancora sempre cose nuove in tali occasioni. Così per es., il lodato signor Barnard, osservando nel sett. 1893 col grande refrattore (36 *inch*) di Lick il transito di *Io* (I), credette di vedere la piccola **luna sdoppiata** come un paio di stelle doppie con un intervallo di o″,1 ovvero o″,2. Il fenomeno si produsse in mezzo al disco di Giove (vicino al meridiano centrale); presso il lembo del pianeta, la lunula si proiettò invece sopra di esso come un dischetto oblungo, di forma ellittica. Secondo la spiegazione, data dallo stesso astronomo (*Astron. Nachrichten* n. 3206), questo satellite è cinto da una striscia bianca, intorno al suo equatore; perciò le regioni polari del medesimo sono più oscure delle equatoriali. Entrando sul disco di Giove, il quale all'orlo è più oscuro che nel mezzo, queste ombre polari si confondono talmente col fondo planetario, che si vede soltanto la detta cinta equatoriale come una macchietta bianca oblunga. Arrivando invece davanti alle parti più centrali e luminose del pianeta, l'anzidetta cintura bianca del satellite si confonde col fondo di uguale luminosità, e per conseguenza le sole regioni polari restano visibili, come due oggetti staccati meno luminosi, come un paio di stelle doppie. L'oscurità relativa di queste regioni non è però sufficiente, a far vedere cotesto fenomeno fuori del disco del pianeta, quando la lunula si proietta sul fondo oscuro del cielo.

436. — **Macchiette sui satelliti** furono già osservate, o piuttosto sospettate dagli astronomi *Parigini* J. D. Cassini e Maraldi (1694), dallo Schröter († 1816), Dawes (1849) ed altri. Il padre Secchi osservò nel 1856 *macchie non equivoche* sul disco di Ganimede, il quale nell'equatoriale del Collegio Romano presentava l'aspetto del pianeta Marte veduto con un piccolo ingrandimento; mostrava cioè delle macchie oscure in un fondo piuttosto rosso. Siccome poi queste macchie erano assai variabili nella forma, posizione e colorito, e tutto ciò in

la posizione del dischetto (♃) di mezzo è conservata identica nelle singole file, l'osservatore con un solo sguardo vede l'andamento dei singoli satelliti da un giorno all'altro.

Digitized by Google

breve tempo, il P. Secchi ne concluse che il satellite abbia un **moto di rotazione** abbastanza veloce intorno ad un asse proprio.[1] Osservazioni più recenti all'osservatorio Lick hanno generalmente confermato queste conclusioni. Barnard potè perfino constatare l'esistenza di calotte polari (simili a quelli di Marte) sopra Ganimede e Callisto. Le conclusioni sui periodi di rotazione sono ancora incerte. Secondo il Douglass (*Astr. Nachr.* 3424, 3432) la rotazione di Ganimede si farebbe in 7 giorni e 5,1 ore ($\pm$ 1,2 ore), cioè in un tempo poco differente dalla sua rivoluzione intorno a Giove; Barnard però (l. c. 3453), usando uno strumento molto superiore, dice espressamente, che le macchie osservate dal Douglass (una specie di configurazioni rettilinee assai marcate), non si rassomigliano affatto alle macchie osservate all'osservatorio *Lick*. Egli disapprova cotali disegni, che danno lineamenti ben determinati ad oggetti veduti soltanto confusamente (n. 32). Il valore della determinazione del predetto periodo non potrebbe quindi essere considerato come definitivo.

437. La **variabilità della luce** dei vari satelliti è probabilmente una conseguenza della rotazione dei medesimi intorno ad un asse proprio. A cagione di tale rotazione l'emisfero da noi osservato presenterà superficie diverse, ora più, ora meno ricoperte di macchie oscure. Così si spiega che non tutti gli osservatori trattando della luminosità delle singole lunule vanno d'accordo. Tutti facilmente consentono che Ganimede sia il più luminoso dell'intera famiglia; in quanto ai satelliti recentemente scoperti *Quinto, Sesto* e *Settimo* la loro successione di scoperta, indica anche quella della luminosità; si rassomigliano cioè a stellette di XIII, XIV, XVI grandezza. La divergenza esiste rispetto ai tre rimanenti Io (I), Europa (II) e Callisto (IV).[2]

(1) *Memorie dell'Osserv. del Coll. Rom.* 1852, p. 116. Ivi si trovano anche parecchie figure delle macchie osservate. Il P. Secchi non indica verun periodo della sospettata rotazione, notando soltanto, quanto sia difficile l'identificazione delle macchie, usando uno ingrandimento di mille volte, richiesto per vederle distintamente, e quanto sia raro dall'altra parte il caso, che con un telescopio come era il suo, possa utilmente adoperarsi tale ingrandimento.

(2) Baily per es. stabilisce la seguente serie: IV, II, I (*Mém. de l'Acad.* Paris 1771, p. 580. Altri però, come W. Herschel, Beer, Mädler, Engelmann ecc. danno la serie nostra: I, II, IV.

Digitized by Google

Secondo le nostre proprie osservazioni recenti, la successione anche di luminosità rimarrebbe la stessa (I, II, IV), benchè non sia così evidente che possa servire di criterio per distinguere una luna dall'altra. Ciò viene confermato dalle misure fotometriche eseguite dal Pickering, che assegnano ai quattro antichi satelliti i seguenti valori della scala fotometrica: III = 5,53; I = 5,90; II = 6,04; IV = 6,50.

438. — I diametri dei satelliti maggiori possono essere misurati per mezzo del micrometro. Se il potere riflettente (**l'albedine**) [1] fosse lo stesso in tutti, l'ordine di successione sarebbe qui lo stesso come quello fotometrico. Invece, ordinati secondo la grandezza dei diametri, i satelliti si succedono in questo modo: III, IV, I, II, cioè Ganimede (5700 chilometri), Callisto (5360 chm.), Io (3935 chm.), Europa (3260 chm.); gli angoli, sotto i quali vengono osservati alla distanza (♁ ♃) media sarebbero: III = 1″,52; IV = 1,″43; I = 1,″05; II = 0,87. Ordinati secondo l'albedine, le quattro lune si succedono in questo modo: II (0,65), I (0,55), III (0,35), IV (0,16).

Da ciò si vede che Ganimede e Callisto superano in grandezza (ossia in volume) il pianeta primario Mercurio (diametro 4648 chilometri), anzi rimangono poco inferiori al pianeta Marte (n. 350). Io e Callisto sono più grandi della nostra Luna, ed il più piccolo dei detti quattro setelliti (Europa) rimane poco inferiore alla medesima, essendo il suo diametro soltanto 218 chilometri minore di quello lunare (3478 chm.).

439. — Le masse e densità dei satelliti principali sono state dedotte dalle perturbazioni vicendevoli che essi subiscono nelle loro orbite (quasi perfettamente circolari), intorno al pianeta. Il rapporto delle masse, espresso in milionesimi della massa di Giove (secondo Damoiseau) sarebbe il seguente: III = 88,437; IV = 42,475; II = 23,227; I = 16,877. Confrontando questi

(1) *Albedine* chiamasi il potere riflettente di una data superficie rispetto ad una luce determinata. Numericamente essa viene espressa da una frazione, nella quale il denominatore esprime la quantità della luce ricevuta, il nominatore quella riflessa. Nel caso dei pianeti, trattandosi della luce solare, bisogna tener conto delle relative distanze tra Sole, pianeta e Terra, poichè l'intensità della luce emessa o riflessa da un corpo scema in ragione inversa del quadrato della distanza. I valori notati di sopra sono quelli di G. Müller (Potsdam).

Digitized by Google

valori con quei dei volumi, si ottiene per la densità, relativamente a quella di Giove (n. 414), i numeri seguenti: I = 1,72; II = 1,70; III = 1,23; IV = 0,71.

Globi cotanto considerevoli, dotati d'un moto di rotazione intorno ad assi proprii, dovettero senza dubbio in vicinanza del pianeta gigantesco, intorno al quale girano, risentire non poco l'attrito cagionato in essi dal flusso e riflusso delle parti fluide superficiali. Viceversa il pianeta stesso deve essere sottoposto a simili flussi e riflussi, sebbene questi non sembrino capaci di rallentare sensibilmente la sua rotazione. Più facilmente nei varii satelliti dovette prodursi un rallentamento simile, colla tendenza a rendere sincroni (nel decorso dei secoli) i periodi di rotazione con quelli delle rispettive rivoluzioni intorno al pianeta. L'osservazione diretta sembra veramente confermare questa teoria, già verificata nel caso della Luna terrestre (n. 208). Si spera che ulteriori osservazioni, coi grandi strumenti moderni, possano col tempo verificare con maggiore certezza questo interessante rapporto.

CAPITOLO III.

IL PIANETA SATURNO (♄).

ART. I. — DESCRIZIONE GENERALE.

440. — Come il pianeta Giove a cagione della sua grandezza tiene un certo primato tra i pianeti del sistema solare, così Saturno (Κρόνος), che segue nella serie delle successive distanze dall'astro centrale, tiene il primato di bellezza. Lo spettacolo che esso offre in un grande telescopio co' suoi anelli e coi numerosi satelliti che lo accompagnano, è uno dei più grandiosi e meravigliosi di tutto il cielo stellato. La contemplazione del sistema **saturnino** (Fig. 114), ossia di quella imitazione diminutiva di tutto il mondo solare, eserciterà sempre un'attrazione particolare sui contemplatori dei cieli, e quantunque esso formi una piccola parte dell'Universo, nondimeno, considerato in sè, offre delle **dimensioni** rispettabili. Il diametro del globo planetario, che alla distanza media dal Sole

Digitized by Google

(♃ e ♁) apparisce sotto un angolo di circa 18″ soltanto, misura in realtà 9 $^1/_2$ diametri terrestri, cioè 122 150 chilometri, supponendo perciò un volume 867 volte maggiore del volume della Terra. Il diametro esteriore dell'anello (o meglio degli anelli) supera 270 000 chilometri e la distanza dell'ultimo satellite (*Phoebe*) è tale che ci vogliono 546,5 giorni per una sola rivoluzione del medesimo intorno al pianeta principale: un periodo poco inferiore alla rivoluzione di Marte intorno al Sole (I, n. 593).

441. — Il cerchio luminoso intorno al globo planetario, per la prima volta (confusamente) veduto dal Galilei,

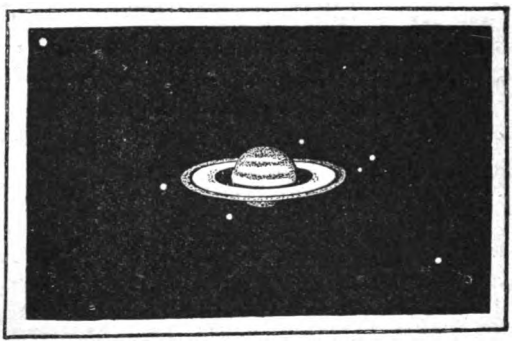


Fig. 114. Veduta telescopica di Saturno co' suoi satelliti.

esercitò per ben 45 anni la pazienza degli osservatori, prima che si conoscesse la sua struttura. I varii disegni (Fig. 115), fatti successivamente dagli astronomi: 1) Galilei 1609, 2) Zucchi 1640, 3) Gassendi 1644, 4) Hevel 1647, 5) Grimaldi 1649, 6) Riccioli e Zupi 1654 ed altri, mostrano il progresso lento che si fece nella rappresentazione ed interpretazione delle cose osservate. Non solamente l'apparenza strana del pianeta, veduto dal Galilei come *tricorporeo* [composto di tre corpi, Fig. 115], eccitava la curiosità degli astronomi, ma più ancora gli **inusitati cambiamenti** delle varie apparenze. Fin dal 1611 il P. Scheiner scrisse al Welser, che Saturno sembrava ora della forma d'un *corpo* (unico) *oblungo*, ora invece come un globo fiancheggiato da due stelle. Galilei da prin-

Digitized by Google

cipio ascriveva quest'osservazione dello Scheiner a qualche difetto del telescopio; tosto però si avvide trattarsi di cambiamenti reali, vedendo egli stesso, nei mesi di novembre e dicembre del 1612, il pianeta solitario, cioè senza i due (supposti) compagni.[1] Scheiner di nuovo segnalava (1614) qualche differenza tra l'appendice destra e sinistra (Fig. 115, 2), le quali *appendici* poi verso l'anno 1632 furono vedute come *due lunule*, ovvero *due anse* più o meno connesse col globo principale (Fig. 115, 3, 4); l'unione delle *cuspidi* con Saturno si rese sempre più evidente; ma neppure osservatori esercitati

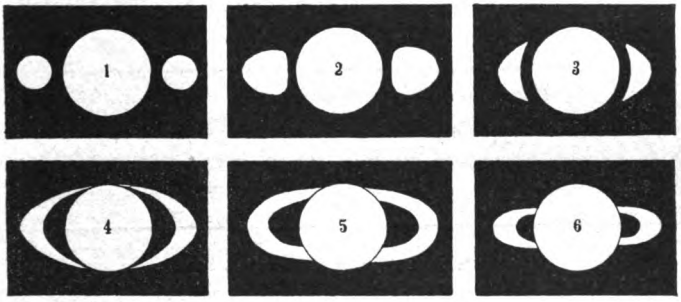


Fig. 115. Disegni antichi del pianeta Saturno.

come l'Evelio, il Grimaldi, Riccioli sapevano che fare con quei strani ornamenti del pianeta, i cui contorni esteriori oramai formavano un' ellisse assai allungata (Fig. 115, 4, 5, 6).

442. — L'enimma fu finalmente sciolto (1655) del celebre **Ugenio,** il quale dichiarò trattarsi di un anello piano e sottile, inclinato all'eclittica, staccato dal pianeta tutto intorno.[2] L'Huygens dimostra (con figure illustrative) come i **varii aspetti dell'anello** siano dovuti alla posizione della

(1) *Opere Gal.* (ed. naz.) V, 31 e 110. Una bella raccolta delle osservazioni più antiche (con figure) trovasi nell'opera del P. Riccioli, *Astronomia reformata*, Bonon. 1665, pag. 360 sgg.

(2) *Annulo cingitur tenui, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.* Huygens, imitando in ciò l'esempio di Galilei (I, n. 174), pubblicò prima soltanto le lettere dell'anagramma:

Aaaaaaaccccdeeeeeghiiiiiiiillllmmnnnnnnnnnnoooppqrrsttttttuuuuu

di cui pubblicò poi la soluzione 1659 nell'opera *Sistema Saturnium.*

Digitized by Google

Terra relativamente al piano del medesimo. Se questo piano, sensibilmente identico con quello dell'equatore del pianeta, coincidesse col piano dell'orbita terrestre, ossia dell'eclittica, l'occhio d'un osservatore terrestre vedrebbe costantemente l'anello come una linea retta.(1) Siccome però il detto piano forma coll'eclittica un angolo di circa 28°, l'apparenza predetta si vede soltanto, quando Saturno trovasi nella sua orbita presso il nodo ascendente o discendente del piano equatoriale, cioè alla longitudine di 167° o 347°. Nei punti intermedi (Fig. 116), cioè presso la longitudine di 77° o 257°, l'anello mostrerà un massimo di apertura, essendo la parte anteriore ora voltata in alto, ora in basso. Il periodo di codesti aspetti coin-

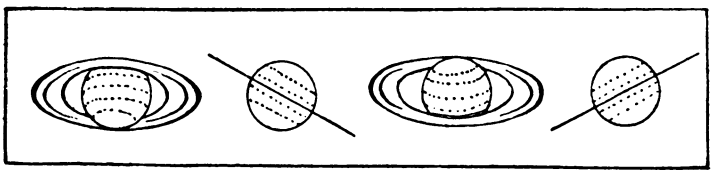


Fig. 116. Vari aspetti dell'anello di Saturno.

cide conseguentemente col periodo d'una rivoluzione del pianeta intorno al Sole cioè di 29,5 anni; e per passare successivamente ai vari aspetti, riprodotti nella figura 116, ci vogliono per ognuno circa 7 anni e 5 mesi.(2)

(1) Il piano equatoriale di Saturno coincide (al presente) sensibilmente con quello dell'equatore terrestre, cosicchè l'asse di rotazione al tempo della culminazione trovasi nel piano del meridiano. I ragionamenti (qui fatti), rigorosamente parlando, si riferiscono ad un osservatore collocato nel Sole, però l'orbita terrestre, confrontata con quella di Saturno (I, n. 593), è abbastanza piccola e permetterebbe di trascurare questa differenza di veduta nelle osservazioni ordinarie.

(2) I varii aspetti percorsi in un periodo intero vengono dall'Huygens distinti coi nomi latini: *monosphaericus, trisphaericus, sphaerico-cuspidatus, sphaerico-ansatus, elliptico ansatus diminutus, ellipticus ansatus plenus.* Dissertatio de nativa Saturni facie, Gedani 1656.

Notiamo qui di passaggio, come Keplero colla solita sua sagacità suggerì fin dal genn. 1611 al Galileo, che i varii aspetti del *pianeta tricorporeo* potrebbero forse prestare un argomento pel sistema copernicano. *Kepl. op.* (ed. Frisch), II, 468; cf. I, n. 388.

Digitized by Google

443. — **Le ombre**, gettate dalla parte anteriore dell'anello sul globo planetario, e da quello sulla parte posteriore dell'anello, mostrano che nè l'anello, nè il pianeta, splendono di luce propria. Per la sottigliezza dell'anello (illuminato dal Sole) può quindi accadere che questo scomparisca affatto ai nostri sguardi, se il pianeta, trovandosi in uno dei suddetti nodi, sta allo stesso tempo in opposizione col Sole. Tali condizioni si verificarono più o meno nel 1877 e nel 1891 ed accadranno di nuovo nel 1907.

Quando l'apertura apparente dell'anello ha il suo massimo, l'asse minore dell'ellisse, formata dai contorni esteriori del sistema anulare, è maggiore del corrispondente diametro del globo planetario, cosicchè l'ombra del pianeta apparisca sull'anello al disopra o al disotto (secondo la posizione relativa del Sole). Quando la Terra trovasi al disotto, il Sole al disopra del piano dell'anello, o viceversa, si vede una linea nera attraversare il disco apparente di Saturno. Interessantissime sarebbero le varie fasi di luce ed ombra, se Saturno si trovasse (come Venere) tra il Sole e la Terra; ora invece, per la grande distanza del pianeta oltre l'orbita terrestre, le dette fasi per noi sono poco visibili, essendochè la parte illuminata del globo saturnino rimane costantemente voltato verso la Terra.

444. — Saturno, veduto ad occhio nudo, riflette una luce bianca cinerea, donde gli antichi lo consideravano come simbolo del piombo. Osservato in un buon telescopio, esso apparisce listato a **diverse tinte** più o meno cariche. Secondo la descrizione del P. Secchi (data nel suo *Quadro fisico del sistema solare*) una zona di giallo-chiaro, più lucida delle altre, lo cinge alquanto sotto il suo equatore. Sopra questa una più scura di color rossastro, indi molte più fine di colore tra il giallo ed il cinereo e finalmente la calotta di un colore di piombo deciso. Queste tinte variano alquanto nell'altro emisfero che nella figura (del detto *Quadro*) rimane coperto dall'anello. Tali differenze di colori (alle volte non poco esagerate dagli artisti), non rimangono però costanti, e sembrano quindi piuttosto dovute a riflessi atmosferici (simili a quelli di Giove, n. 420) che a configurazioni diverse della superficie del pianeta. Oltre queste zone variotinte si osservano talvolta macchie o macchiette più stabili, le quali col loro

Digitized by Google

spostamento regolare ed uniforme rivelano il fatto della **rotazione del pianeta** intorno ad un asse proprio, pressochè perpendicolare al piano degli anelli. Secondo le determinazioni più recenti di A. Hall (1876) il globo planetario compie una tale rotazione nel breve tempo di 10 ore, 14 minuti, 24 secondi.(1) Le apparenti irregolarità nel periodo assegnato, mostrano che anche le dette macchiette non sono prive di qualche moto o spostamento proprio.

445. — La rotazione veloce di un globo così grande deve naturalmente produrre una forza centrifuga considerevole nelle regioni equatoriali, e per conseguenza una sensibile **depressione polare.** Infatti l'aspetto del disco planetario, specialmente al tempo, quando la visuale nostra sta perpendicolare all'asse di rotazione, è quello di un'ellisse, di cui l'asse minore è di circa un decimo più piccolo dell'asse maggiore. La differenza di questi due diametri, già notata dal P. Grimaldi fin dal 1649, è stata poi oggetto di studii speciali di varii astronomi (Calandrelli, Herschel, Bessel, Encke, Dawes, Lassell, De La Rue, Bond, Mädler ed altri).(2) Herschel fu il primo, che notò (1805) che i contorni del disco apparenti non erano quelli di un' ellisse perfetta, ma deformata, cioè tendente alla formazione di un quadrilatero, con un massimo di curvatura intorno alle latitudini di 45° nei due emisferi; donde egli concluse, che indi verso i poli la forza centrifuga scema rapidamente. Airy, osservando la stessa cosa nel 1848, chiama il pianeta semplicemente *squareshouldred* (di *spalle quadrate*). Il fenomeno poco costante è probabilmente dovuto ad una mera illusione ottica, prodotta dagli anelli, quando sembrano ivi quasi aderenti al pianeta.

ART. II. — STUDIO PARTICOLARE DEGLI ANELLI.

446. — Data l'interpretazione di Ugenio, si credette per lungo tempo che l'anello di Saturno fosse una cosa unica, in sè coerente, una specie di anello materiale compatto. Per spie-

(1) Da una prima determinazione, fatta dall' Herschel (1793), risultò un periodo di rotazione in $10^h\ 16^m\ 0^s$.

(2) Cfr. HOUZEAU, *Vade mecum*, 690.

Digitized by Google

gare la sua sospensione libera intorno al globo planetario, bastava supporlo dotato d'una rotazione abbastanza veloce, per la quale la forza centrifuga sviluppata, equilibrando la centripeta, impediva lo spezzamento e la caduta del medesimo.

Col perfezionamento del telescopio si arrivò però presto (già nel secolo XVII) a scoprire degli **interstizi oscuri** nell'anello (Fig. 117). Gli astronomi parigini Cassini e Meraldi constatarono nel 1677, che una divisione principale (ora anche visibile in telescopi di moderate dimensioni) correva tutto intorno formando due anelli concentrici separati. La detta linea

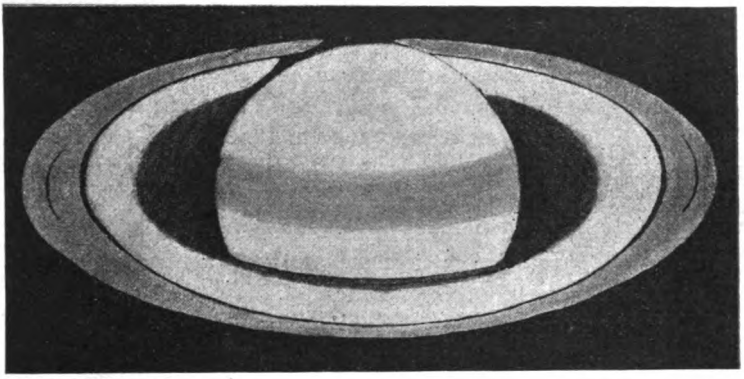


Fig. 117. Saturno osservato al Gianicolo il 27 agosto 1902 (Disegno dell'autore).

di separazione viene perciò ordinariamente chiamata **Divisione di Cassini.**[1]

Misure più recenti (di Kaiser 1855) danno le seguenti apparenti **dimensioni diametrali** alla distanza media dalla Terra:

orli esterni	39″,471	equivalente a chm.	271 000
fessura	34″,227	»	» 235 000
orli interni	27″,859	»	» 192 000

donde si deduce la larghezza complessiva degli anelli di 40 000 chilometri.

(1) Le prime tracce della medesima furono segnalate già prima (1665) dall'inglese W. Ball.

Digitized by Google

Lo spessore di cotesti anelli è relativamente piccolo (tra 200 e 300 chilometri); non sembra però identico in tutto il circuito, e siccome le occasioni di determinarlo esattamente sono relativamente rare, i risultati finora ottenuti rimangono ancora perfezionabili.

447. — Oltre gli anelli predetti, dei quali l'interiore in luminosità supera l'esteriore, l'astronomo berlinese Galle (scopritore di Nettuno, I, n. 409) osservò nel 1838 una regione nebulosa estendendosi dall'anello interno verso il globo del pianeta.(1) La notizia (pubblicata nelle *Memorie* dell'Accademia di Berlino) eccitò però poca attenzione tra gli astronomi fino al 1850, quando il signor Bond, il primo direttore del nuovo osservatorio di Harward-College (America, St. U.) segnalò la stessa cosa, avvertendo trattarsi di un **anello nebuloso**, o come egli disse *abbrunato* (*crape ring*). Gli astronomi inglesi Dawes e Lassell scoprirono anch'essi indipendentemente lo stesso anello, di cui più tardi riconobbero inoltre una certa trasparenza.

L'anello oscuro, secondo le osservazioni del Galle, non era separato dal luminoso, ma formava una semplice continuazione di questo. Più tardi però una linea di divisione fu notata da varii astronomi, specialmente dall'O. Struve; donde essa viene chiamata talvolta **divisione di Struve.**(2) Osservazioni posteriori, fatte al tempo dell'apparente scomparsa degli anelli, sembrano indicare che l'anello oscuro è più grosso degli altri, lasciando esso una striscia crepuscolare di qua e di là della linea sottile luminosa degli anelli esteriori, veduti in profilo. I confini interni dell' anello oscuro (C) si estendono fino alla metà dello spazio tra il pianeta e l'anello prossimo (B)

(1) Anche il P. De Vico, che osservò Saturno al Coll. Romano coll'equatoriale di Cauchoix (n. 273), nota fin dal 1840 sulla superficie dell'interno anello *una traccia oscura molto somigliante alle zone o bande di Giove*... fenomeno *assai distinto dalle suddivisioni*. (*Mem. Oss. Col. Rom.* pubbl. 1842, p. 31)....

(2) Altri la chiamano anche *divisione di Bond*. I tre anelli così separati più comodamente si distinguono dallo stesso Struve coi simboli *A* (anello luminoso esteriore), *B* (lum. interno), *C* (nebuloso). Non sarà necessario avvertire, che anche oggidì si suole parlare dell'**anello di Saturno** come di un anello solo, quando la distinzione delle singole parti sembra superflua.

Digitized by Google

luminoso; il suo diametro interno ha quindi un'estensione di circa 160 000 chilometri.

448. — **Suddivisioni** degli anelli luminosi (A e B) furono notate fin dal 1813 dagli astronomi Quetelet, Kater, Short ed altri.[1] Kater, vedendole meno costanti della divisione principale (di Cassini), ne segnalò in modo particolare una soltanto, la quale gli sembrava dividere l'anello esteriore (A) in due anelli concentrici di larghezza quasi uguale. Questa suddivisione fu riconosciuta come completa tutt'intorno dall'Encke (1837); e perciò essa viene comunemente chiamata **divisione di Encke**; secondo l'Encke però la posizione sarebbe (un poco diversa da quella assegnata dal Kater) di un terzo soltanto della larghezza di A dall'orlo esteriore.

Suddivisioni ulteriori di minore precisione furono notate in varii tempi. Il **P. De Vico**, osservando nel 1838 al Collegio Romano, scrive che parecchie zone o strisce sottili parevano suddividere la parte esteriore in tre altri anelli concentrici. Benchè la simultanea apparizione di quelle linee fosse un fenomeno assai raro, egli riuscì nondimeno nella sera del 5 ottobre (1843) a distinguere perfettamente in ambedue le anse cinque suddivisioni.[2] Queste osservazioni, fatte con uno strumento a modeste dimensioni, cioè di 6 pollici (16 cent.) di apertura, sono state confermate dalle osservazioni posteriori di Secchi, Perrotin, Thollon, Terby, Stuyvaert, Antoniadi, Brenner, Fauth ed altri, le quali, sommate insieme, farebbero salire il numero delle divisioni fino a dieci. L'una o l'altra di esse si trova sullo stesso anello oscuro.

449. — L'insieme degli anelli sembra avere una posizione alquanto eccentrica ora nel senso dell'asse minore dell'ellisse apparente come notò già il Picard nel 1667, ora nel senso dell'asse maggiore secondo il Gallet (1684). L'astronomo Schwabe di Dessau ed il P. De Vico cercarono (1841-43) di determinare questa **eccentricità**, ma la trovarono variabile in un periodo di circa 70 ore; anzi non soltanto la figura, ma le stesse dimensioni dei varii anelli mo-

(1) *Memoirs* R. A. Society, IV, 283. Cf. *Monthly Notices* I, 178.

(2) Mem. cit. 1843, pag. 63. — Astronomi posteriori hanno anche dato qualche nome particolare a l'una o l'altra di queste nuove suddivisioni del resto poco stabili e difficilmente controllabili.

Digitized by Google

strano una simile variabilità.[1] Insomma tutto fa credere non trattarsi di anelli compatti o solidi, ma piuttosto di masse fluide (liquide o aeree) giranti intorno al globo planetario.

Una bella **illustrazione sperimentale** di un tal sistema fu data dal fisico belga J. A. Plateau (Fig. 118). Introducendo mediante una pipetta una certa quantità di olio in un miscuglio di acqua ed alcool (dello stesso peso specifico), l'olio, sottratto alla gravità, per l'attrazione molecolare forma un globetto in mezzo al miscuglio. Se poi pel centro di questo globetto si introduce un filo metallico (come asse), al quale può darsi un moto di rotazione, questo moto si comunica al globo, che comincia colla crescente rotazione a sentire la forza

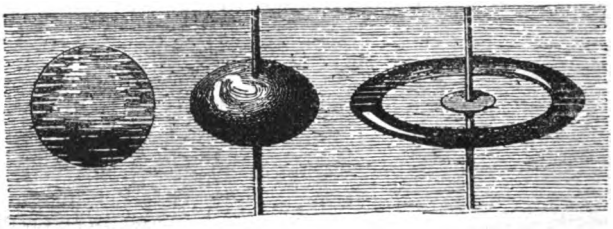


Fig. 118. Produzione artificiale d'un anello libero rotante.

centrifuga delle parti equatoriali, producendosi una depressione polare, tanto più considerevole, quanto è più grande la velocità della rotazione del globetto. Coll'accelerarsi vieppiù di questa velocità il globo prende la forma di un disco quasi piano, il quale con uno strato sottilissimo dell'olio rimane aderente al filo metallico. Fermando il filo, questo strato si rompe, ed allora si vede un anello libero, coerente, girare intorno al medesimo. La figura dell'anello perdura, finchè la forza centri-

(1) *Memorie dell'Oss. del Coll. Rom.* 1851, p. 58. Lo stesso diametro esterno del sistema anulare sembra restringersi, cosicchè potrebbe darsi il caso che noi un giorno (secondo l'espressione del P. Secchi) vedessimo il bel globo di Saturno spoglio del suo interessante accessorio. Aggiunge però l'abile astrofisico, che questi timori cessano dall'altra osservazione, che la detta variazione è periodica, cioè dopo un certo periodo di tempo il restringimento si cambia di nuovo in allargamento. Cfr. Tortolini, *Annali di scienze nat. e fisiche*, tom. VII, 1856, pag. 194 sg.

Digitized by Google

fuga tiene l'equilibrio alla forza d'attrazione molecolare delle singole particelle; vincendo quest'ultima col rallentarsi della rotazione, l'olio ritorna alla sua forma globolare primitiva.(1)

450. — Nell'esperimento testè descritto si osserva, che prima dello staccarsi dell'anello, il disco formato ha una grossezza maggiore verso gli orli a foggia d'un segno di esclamazione posto orizzontalmente (‒). Ora lo stesso sembra essere il caso nei singoli anelli di Saturno, formati a scaglioni; almeno l'**irregolarità dell'ombra** del globo planetario, osservata più volte sugli anelli al tempo della loro maggiore apertura apparente, dimostra abbastanza non trattarsi di un piano perfetto ma piuttosto ondulato, di modo che la convessità del medesimo trovisi verso la parte esterna delle singole divisioni.(2) Lo stesso viene confermato dall'osservazione di certi nodi apparenti negli anelli al tempo dell'apertura minima, quando essi sono ridotti ad un filetto di luce. Che poi l'anello in generale nella sua parte interna sia stato sempre mal terminato e non così netto come nell'esterna, l'avevano già osservato Cassini, gli Herschel, Mädler, Beer ed altri. Il P. Secchi (l. c.), dice espressamente, che la zona nebulosa, esistente nell'interno dell'anello, deve essere di materia molto meno densa e meno riflettente della materia degli anelli più remoti ed in parte anche trasparente; anzi la crede di materia analoga alle nostre nubi, cioè consistente in un **ammasso di particelle**, sommamente divise, nuotanti in un'atmosfera meno densa intorno agli anelli, indicata da certe rifrazioni. Così si spiegherebbe un'altra cosa singolare, cioè la variabile distanza dell'orlo interno anulare del pianeta.

451. — Varii osservatori parlano della **luminosità diversa**, non solamente dei singoli anelli, ma anche di parti diverse

(1) Secondo l'esplicita dichiarazione del Plateau lo sperimento fu fatto allo scopo di illustrare le cosidette lamine di liquidi viscosi, senza l'intenzione di dare un appoggio a qualsiasi ipotesi cosmogonica. *Mémoirs de l'Acad. de Bruxelles*, tom. 32.

(2) Il P. Secchi insiste molto nel fatto da lui osservato fin dal 1850, e da noi notato più volte (cf. fig. 117), che il contorno dell'ombra (del globo *convesso*) apparisce *concavo* sull'anello, cosa impossibile, se la superficie anulare fosse perfettamente piana o concava. Cfr. *Atti dell'Accad. N. Lincei*, tom. XXX (aprile 1877), pag. 280 sg.

Digitized by Google

dello stesso anello. Anzi è stato notato il fatto curioso che, ad onta della rotazione dell'anello, una delle anse sembrava talvolta per un certo tempo più luminosa dell'altra, e similmente la nebulosità in una più decisa che nell'altra. Secondo la spiegazione del P. Secchi ciò proverrebbe dalla diversa inclinazione dei raggi solari; probabilmente anche il riflesso del pianeta e dell'anello stesso concorre a produrre quest'apparenza.

Generalmente parlando l'anello esterno (A) risplende di una luce giallastra, meno luminosa della luce dell'anello interiore (B), il quale però va pure diminuendo in luminosità verso il centro, non con sfumatura continua, ma piuttosto per salti e come a scaglioni, mostrando un rialzo d'intensità nelle vicinanze dell'orlo interno. Il P. Secchi (nel suo *Quadro fisico* 87) parla di almeno 6 ovvero 7 zone diverse di questo anello solo, non però sempre ugualmente distinguibili.

L'anello nebuloso (C) di colore cenerino, talora tendente al rossiccio, è di struttura così delicata, che lascia trasparire i contorni degli altri anelli.

Art. III. — Costituzione fisica del sistema saturnino.

452. — Per formarsi un'idea giusta della costituzione fisica del pianeta Saturno e de' suoi anelli, in primo luogo è necessario conoscere la loro **massa** (e densità), determinate per mezzo delle perturbazioni, cagionate nei movimenti dei pianeti vicini a Giove ed Urano e nelle orbite dei satelliti, che circolano intorno al pianeta stesso (n. 265). Newton, confrontando la massa di Saturno con quella del Sole, trovò la loro proporzione come 1 : 3021. Indagini posteriori e più accurate di Lagrange, Laplace, Bessel, Leverrier, ecc., danno un valore alquanto minore fino a 1 : 3529. Ultimamente il dottore W. Meyer (da uno studio esauriente) ricava il valore definitivo $1 : 3482{,}48 \pm 5{,}50$ (trascurando però la massa relativamente piccola degli anelli), che rappresenta una massa uguale a 93 volte la massa della Terra.[1] Per conseguenza la **den-**

(1) *Astr. Nachr.* N. 2528, 2572; cfr. Houzeau, *Vade mecum*, 694. Secondo Bessel la massa degli anelli sarebbe $1/118$ della massa del globo.

Digitized by Google

sità media di Saturno (atteso il volume del pianeta, n. 440) in confronto con quella della Terra, sarà circa $\frac{1}{10}$ di questa; confrontata con quella dell'acqua, poco più di $\frac{6}{10}$. Ciò dimostra che il pianeta si trova in uno stadio di sviluppo cosmologico meno avanzato di quello di Giove (n. 426) e che la corteccia esteriore potrebbe trovarsi ancora in istato di formazione.

453. — Siccome la densità di un pianeta cresce piuttosto verso l'interno del globo, gli **strati più superficiali** di Saturno avranno pressochè la densità d'un gas condensato, ossia quella di un mare di vapori polverosi. Le strisce luminose, parallele all'equatore, e la mancanza di configurazioni stabili sembrano confermare questa ipotesi. Le macchie bianche arrotondate più costanti, talvolta osservate sulla superficie planetaria, specialmente nelle regioni equatoriali, suggeriscono senza dubbio l'idea piuttosto di cumuli nuvolosi, di una estensione enorme, che di oggetti fissi e durevoli d'una superficie consolidata. Macchie simili, di un colorito cupo, sembrano dovute ad ammassi di **materia polverosa**.(1)

Che gli stessi anelli siano composti di ammassi simili (come avevano già asserito il Maxwell e l'Hirn), viene confermato dalle misure fotometriche; imperocchè la costanza sensibile della intensità della luce, riflessa dagli anelli, si spiega facilmente con la teoria di corpuscoli segregati, in nessun modo con quella di masse coerenti.(2)

(1) *Astr. Nachr.* 3359, 3370, 3383, 3385, 3390 ecc. Ivi il sig. Brenner (osservatore principale delle macchie predette) cerca di spiegare, perchè esse non siano osservabili con ingrandimenti e strumenti maggiori.

(2) Laplace ha già dimostrato, che un anello solido e compatto non potrebbe lungo tempo resistere alle molte perturbazioni, cagionate specialmente dai numerosi satelliti di Saturno e dal vicino pianeta gigantesco Giove.

La teoria di Maxwell e Hirn è stata valorosamente appoggiata da considerazioni teoriche del prof. Seeliger di Monaco (Baviera), il quale osserva giustamente, che l'intensità della luce, riflessa dagli anelli, dovrebbe mostrare variazioni molto maggiori (di quelle che attualmente si osservano) se essi fossero formati da materia viscosa coerente. Colla supposizione invece di corpuscoli separati egli è riuscito a controllare la detta intensità per mezzo di formole matematiche. Cfr. *Abhandlungen der K. bayr. Akad. d. Wissenschaften* II Cl. 118 Abt. — Tisserand, *Mécanique céleste* (Paris) II, 171 sg. — *Astr. Nachr.* N. 3295, 4006.

Digitized by Google

454. — Alla stessa conclusione conducono le **osservazioni spettroscopiche,** mediante le quali l'astronomo americano Keeler (all'osservatorio di Alleghany) è riuscito a determinare i varii periodi della rotazione dei varii anelli, che corrispondono al periodo di satelliti, giranti intorno al pianeta nella posizione rispettiva (circa 14 ore e 15 minuti, alla distanza massima). Gli anelli sarebbero quindi correnti di materia, non dissimili a quegli *sciami meteorici* (più grandiosi ma meno densi) che percorrono la loro orbita intorno al Sole (I, n. 607). Come però questi coll'avvicinarsi alla Terra vengono grandemente perturbati, così quei corpuscoli intorno a Saturno sono soggetti a continui sturbamenti, anzi ad una specie di flusso e riflusso, cagionato dai molti satelliti propriamente detti.

Le osservazioni spettroscopiche di Saturno stesso provano inoltre l'esistenza d'una **atmosfera** abbastanza densa, come la suppongono le cose predette. Il P. Secchi notò già una striscia rimarchevole di assorbimento nel rosso dello sprettro, la posizione della quale, secondo le determinazioni di Vogel, corrisponde alla lunghezza di onda $\iota = 618{,}3\ \mu\mu$ (n. 54); essa manca nello spettro degli anelli, dimostrando con ciò che gli anelli non sono circondati da un'atmosfera considerevole. Un assorbimento più generale, specialmente nelle regioni equatoriali del pianeta, osservasi nell'azzurro e violetto. Il Janssen, osservando Saturno dall'alto dell' Etna, potè di più constatare la presenza del vapor d'acqua nell'atmosfera di Saturno, la quale in tutti i suoi particolari si rassomiglia assai a quella di Giove (n. 426).

455. — La variabile **trasparenza degli anelli** spiegasi ugualmente col variante raggruppamento dei corpuscoli che li costituiscono. Una osservazione interessante, che illustra questa cosa, fu fatta dal Barnard all'osservatorio Lick nella notte tra il 1° e 2 novembre 1889, quando uno dei satelliti di Saturno (*Japetus*) fu eclissato dall'ombra del pianeta e de' suoi anelli. Uscendo dall'ombra del globo del pianeta, il satellite, illuminato dal Sole, riapparve pressochè in tutta la sua chiarezza ordinaria attraverso lo spazio libero tra il globo e l'anello interno nebuloso (c). Entrando poi nell'ombra di questo anello, esso cominciò a perdere gradualmente di nuovo

Digitized by Google

la sua luminosità fino all'ingresso nell'ombra dell'anello luminoso interiore (B), il quale lo nascose del tutto allo sguardo dell'osservatore.(1)

La notte del 17 luglio 1902 offrì il **raro spettacolo** di poter osservare il globo di Saturno, illuminato dal Sole, attraverso la divisione di Cassini. Ordinariamente questa divisione apparisce *oscura* per tutta la sua circonferenza, essendochè la parte del globo, veduta attraverso la medesima, trovasi nell'ombra degli anelli. Quando però un osservatore, collocato sopra il pianeta, vede attraverso la stessa divisione (larga circa 120 000 chilometri), il Sole e la piccola nostra Terra, come era il caso in quella occasione, noi viceversa vediamo dalla Terra la superficie di Saturno, illuminata attraverso la medesima fenditura.

456. — Facendo astrazione dall'anello, **le stagioni** di Saturno sono molto più variabili di quelle di Giove, attesa la grande inclinazione (27°) del piano equatoriale relativamente a quello dell'orbita del pianeta intorno al Sole. Il loro succedersi richiede naturalmente un anno saturnino (circa 30 anni nostri), cioè una rivoluzione intera del medesimo intorno al Sole. La rigidità dell'inverno sarà però mitigata dal calore interno di Saturno, il quale, sebbene non dia più segno di luce propria, nondimeno sembra capace di mantenere perfino in istato vaporoso i suoi strati più superficiali. Del resto il Sole, veduto da queste distanze sotto un diametro apparente di 3′ soltanto (cioè $\frac{1}{10}$ di quello veduto dalla ♁) anche nell'estate stesso, nelle stesse regioni tropicali avrebbe poca forza calorifica, essendochè la sua luce si riduce ad un centesimo della luce ricevuta da noi dall'astro del giorno. Di più lo schermo gigantesco degli anelli riduce la luce ed il calore ricevuto da certe regioni ad un minimo, anzi talvolta a zero per un tempo considerevole.

457. — Ben singolari devono essere le **modificazioni** dei varii fenomeni celesti, cagionati dal sistema variabile degli anelli. Un osservatore, collocato nelle regioni polari di Saturno, non vedrebbe niente di questi accessorii del suo mondo. Allontanandosi però l'osservatore dal polo e procedendo verso

(1) *Astr. Nachr.* N. 3280.

Digitized by Google

l'equatore, alla latitudine cronografica di 63° circa, un arco grandioso (splendente nella luce del Sole estivo) confrontabile in qualche maniera coll'iride del nostro cielo, ma incomparabilmente più splendido e più largo, comincerebbe ad elevarsi verso mezzogiorno sopra l'orizzonte. A un osservatore, veniente dal polo opposto (nell'inverno), l'anello apparirebbe invece tutto oscuro, eclissando questo talvolta il Sole per giorni interi, anzi per mesi e forse anche per più d'un anno. Queste lunghe oscurazioni dell'astro del giorno producono una nuova specie di **stagioni secondarie** nelle regioni tropicali del pianeta. In certi luoghi, a cagione della quasi coincidenza del piano degli anelli con quello dell'equatore, il Sole nasce e tramonta eclissato, mostrandosi soltanto per breve tempo presso la sua culminazione, e viceversa. Accadrà così una serie alternativa di eclissi solari variabilissime da un'ora all'altra e da un luogo all'altro, delle quali noi, abitatori della Terra, difficilmente possiamo farci un'idea.

458. — Quale sarebbe poi lo spettacolo guardando il cielo stellato dagli stessi anelli: vedere il globo di Saturno come un brillante colossale (che copre l'ottava parte del cielo) sostenuto dalle braccia gigantesche dell'anello: osservare il molteplice scintillìo del medesimo nelle varie fasi dell'illuminazione solare: passare in rivista quella magnifica processione dei principali satelliti, anzi di centinaia di lunule che compongono ed ingemmano gli stessi anelli! Si aggiunga poi a questo insolito spettacolo quello dei grandiosi pianeti vicini, Giove ed Urano col loro corteggio di satelliti!

« Non è possibile, neanche immaginare, dice il P. Secchi,[1] quali servigi quel sistema di anelli sia destinato a prestare alle creature che forse colà hanno sede e vita: probabilmente sarà per loro sorgente di piacere e di benessere ciò che a noi sembra inutile complicazione. Il Creatore che col dare all'asse della nostra Terra una piccola inclinazione sul piano dell'orbita sua, ha saputo trarne tutte le alternative delle stagioni e tanta diversità di climi, nonchè la varia durata dei giorni e le intensità diverse del calore e del freddo, con tutte le vicende che l'accompagnano, sempre pel bene delle sue creature, avrà certo

(1) *Quadro fisico del sistema solare*, 92.

Digitized by Google

ordinato anche colà tutto ad un fine degno di sè che noi possiamo ammirare anche dietro quel solo barlume che ne abbiamo ».

ART. IV. — I SATELLITI DI SATURNO.

459. — La successione delle varie scoperte dei satelliti di Saturno (Fig. 119) seguì generalmente l'ordine della loro **grandezza apparente** o luminosità. *Titanus* (il quinto nella serie di vicinanza al pianeta), scoperto dall' Ugenio nel marzo 1655 (I, n. 410), cioè prima che fosse decifrata la natura

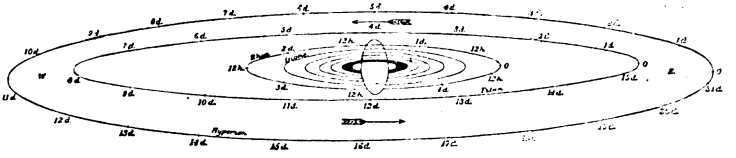


Fig. 119. Le orbite principali dei pianeti di Saturno.

del sistema accessorio degli anelli, splende ordinariamente come una stelletta di 9,4 grandezza; il suo diametro reale è di 2443 km. (cioè circa $\frac{2}{3}$ del diametro della Luna nostra).(1)

Tredici anni più tardi Domenico Cassini scoprì (ottobre 1671) un secondo satellite di grandezza media 11,8, che ebbe poi il nome *Japetus* (l'ottavo nella serie di distanza), al quale lo stesso astronomo ne aggiunse l'anno seguente (1672)

(1) I nomi *Mimas* (I), *Enceladus* (II), *Tethys* (III), *Dione* (IV), *Rhea* (V), *Titanus* (VI), e *Japetus* (VII), furono proposti da J. Herschel, quando la semplice denominazione numerica cominciava a creare confusione; gli altri furono dati dagli scopritori. Tutti (anche *Phoebe*) appartengono alla famiglia mitologica di Saturno.

La figura 119, riprodotta dall'*American Ephemeris* del 1892, rappresenta per quell'anno l'aspetto telescopico inverso di Saturno e delle orbite dei sette satelliti più vicini. Come nella figura 112 (n. 433) così qui, per economia di spazio e per maggior chiarezza della disposizione dei singoli satelliti, le dimensioni verticali della figura rappresentano due volte quelle orizzontali. I numeri indicano lo spazio percorso dai satelliti: da un giorno (d = *dies*) all' altro per *Hyperion* e *Titan*, da 12 in 12 ore (h = *hora*) per *Rhea*.

Digitized by Google

un altro *Rhea* (gr. 10,8) e poi nel 1684 altri due *Tethys* e *Dione* (gr. 11,4 ed 11,5).(1)

William Herschel ne scoprì altri due nel 1789, cioè *Enceladus* e *Mimas* (gr. 12,3 e 12,8), dopo di che il numero 7 dei satelliti fin allora scoperti, rimase per un mezzo secolo stazionario. Nel 1848 però la scoperta fatta dal Bond e Lasell di *Hyperion*, arricchì di un nuovo membro la già numerosa famiglia saturnina, allora salita al numero indovinato dal Keplero (n. 408).

460. — La scoperta di Phoebe, cioè del più distante dei satelliti finora conosciuti, merita speciale menzione, essendo questa la prima fatta col metodo fotografico, già descritto (n. 19).

L'astronomo americano Guglielmo Pickering, sovrapponendo due fotografie (prese all'osservatorio di Arequipa nei giorni 16 e 18 agosto 1898) che rappresentavano le regioni intorno al pianeta, scoprì tra le stellette di XVI grandezza una spostata, dotata quindi d'un moto proprio tale, quale poteva essere quello d'un satellite di Saturno, non essendo da principio esclusa la possibilità, trattarsi d'un asteroide (tra Marte e Giove), ovvero d'un pianetino indipendente tra Giove e Saturno. La distanza angolare di 1480″ dal pianeta (♄) indicava un'orbita circa cinque volte più ampia di quella del prossimo satellite conosciuto *Japetus*, con un probabile periodo da 400 a 500 giorni. Ad una distanza così grande, veduto dal pianeta principale, il satellite apparirebbe come una stelletta di VI grandezza soltanto, cioè appena visibile ad occhio nudo.

Per lungo tempo, dopo il primo annunzio, cioè fino all'anno 1904, non si sentì più niente del satellite finchè nuove fotografie del medesimo furono ottenute allo stesso osservatorio. Soltanto nell'agosto 1904 *Phoebe* si fece vedere direttamente nel grande telescopio di Yerkes (St. U). Tuttavia la definitiva determinazione degli elementi dell'orbita si fa ancora aspettare.

461. — Mentre scriviamo, una nuova scoperta, simile a quella testè descritta, viene annunziata dall'America. Lo stesso signor Pickering scoprì nell'aprile 1905 un nuovo satellite, **il de-**

(1) *Japetus*, il minore dei quattro, fu scoperto prima a cagione della sua maggiore distanza dal pianeta, che lo rende più facilmente visibile.

Digitized by Google

cimo nella serie delle scoperte successive, il quale si trova quasi alla stessa distanza da Saturno come l'*Hyperion*, dal quale però differisce in grandezza o luminosità di tre gradi interi. Anche il tempo della rivoluzione intorno al pianeta (di circa 21 giorni) è uguale a quello del compagno maggiore; cosicchè anche per l'astromeccanica si presenta con ciò un problema del tutto nuovo, del quale aspettiamo con sommo interesse la soluzione definitiva, quando tutti gli elementi del nuovo satellite saranno ben accertati.

Sappiamo poco delle particolarità fisiche dei satelliti di Saturno, i quali ad eccezione di *Japetus* e *Phoebe* trovansi sensibilmente nello stesso piano cogli anelli. Siccome il chiarore di questi rende vieppiù difficile la **visibilità** delle singole lune, l'opportunità migliore di vederle è quella della minima apertura o apparente scomparsa degli anelli (n. 443); allora i satelliti si vedono schierati quasi in linea retta ai due lati di Saturno. Per vedere *Enceladus* ci vuole ordinariamente un telescopio da 15 a 20 cm. di apertura. *Hyperion* è visibile soltanto nei telescopi più grandi, e *Phoebe* sembra finora essere stata osservata direttamente nel solo telescopio di Yerkes.

Un fatto notevole è quello che *Japetus*, trovandosi dal lato orientale di Saturno, splende con luce debole uguale a quella dell'*Hyperion*; quando trovasi invece dal lato occidentale, esso diventa il più splendido di tutti i suoi compagni, eccettuato il solo *Titano*. Ciò sembra indicare che ruota intorno ad un asse proprio (come la Luna nostra) in un periodo uguale a quello della sua rivoluzione, e che un emisfero visibile è più oscuro dell'altro opposto.(1)

462. — Misure fotometriche, fatte dal Pickering allo scopo di derivarne le dimensioni dei diametri dei singoli satelliti, assegnano a questi valori da 310 fino a 2200 km. Misure micrometriche (dirette) dell'apparente diametro di *Titano* assegnerebbero a questo un diametro di $0''{,}5$ ossia di circa 3500 km. L'uno e l'altro metodo però permette sole approssimazioni al vero, ed è difficile il dire, quale dei due valori (massimi) si avvicini più al vero. Un metodo intermedio tra

(1) Simili osservazioni furono fatte rispetto agli altri satelliti, ma con minore certezza.

Digitized by Google

due indicati fu adoperato (1891) dall'astronomo Safarik (di Praga),[1] il quale confrontò il disco apparente di *Titano* coll'intervallo di stelle doppie, e questo coi dischi apparenti delle stelle medesime (cagionate dall'interferenza). Da queste misure risultò per *Titano* un diametro di o″,354; ossia un valore intermedio tra i due precedenti.

Il **passaggio dell'ombra** d'un satellite davanti al disco planetario di Saturno fu certamente osservato nel caso di *Titano* li 11 marzo 1892, quando F. Terby in Bruxelles con un equatoriale di 8 pollici (22 cm.), vide l'ombra del satellite attraversare il disco apparente di Saturno. L'ombra nera era seguita da un punto meno oscuro ed un poco meno esteso; se quest'ombra secondaria fosse stata quella di un altro satellite, attraversante il disco, come veramente l'attraversarono allo stesso tempo *Tethys* e *Dione*, la distanza delle due ombre, contrariamente all'osservazione, avrebbe dovuto cambiare, a cagione della velocità angolare diversa di cotesti satelliti.[2] Si può quindi concludere che la detta osservazione, come quelle simili fatte su Giove (n. 429), forniscono un nuovo argomento per l'esistenza di strati nuvolosi nell'atmosfera di Saturno.

463. — Altre ricerche astrofisiche intorno al sistema lunare di Saturno rimangono riservate agli strumenti giganteschi dei primi osservatorii. Quello che potrebbe, oltre il già detto, interessare i nostri lettori, si trova riunito nel seguente specchietto. Intanto indichiamo solamente che l'Astromeccanica trova in questo sistema un vasto campo di studio, come mostrano i lavori già fatti in questa direzione, specialmente dall'astronomo russo Ermanno Struve.[3] Tali studi potranno poi essere utilizzati, non solamente per la determinazione definitiva della distribuzione delle masse in tutto il sistema saturnino, ma eziandio per ulteriori conclusioni sullo sviluppo cosmogonico del medesimo, anzi di tutto il sistema solare, di cui forma parte. Ora già è degno di nota che non si è potuto constatare il minimo influsso perturbatorio della massa degli anelli sui satelliti, neppure sui più vicini; segno del

(1) *Astr. Nachr.* N. 3046.

(2) *L'Astronomie* (revue populaire), Paris 1892, pag. 446. Terby ivi mostra che pretese osservazioni simili, anteriori alla sua, sono assai dubbie.

(3) *Astr. Nachr.* N. 2945, 2983.

Digitized by Google

piccolo valore di questa. D'altra parte la luminosità straordinaria degli anelli dimostra il grande potere riflettente dei medesimi, il quale anche rispetto ai satelliti, va crescendo dagli esteriori verso gli interiori.

464. — Tavola sinottica dei satelliti di Saturno.

	Nomi	Diametro	Distanza	Eccentricità	Rivoluzione.
I.	Mimas	Km. 513	3,01	0,016	$0,^{d}9424$
II.	Enceladus	» 635	3,87	0,005	1,3702
III.	Thetys	» 989	4,79	———	1,8878
IV.	Dione	» 941	6,14	0,004	2,7370
V.	Rhea	» 1225	8,57	———	4,5175
VI.	Titanus	» 2443	19,87	0,029	15,9454
VII.	Hyperion	» 330	24,08	0,106	21,2765
VIII.	Japetus	» 843	57,91	0,030	79,3294
IX.	Phoebe	» 200	290,00	———	400 (500)

Nota: La distanza media del satellite dal centro del pianeta è espressa in unità del diametro equatoriale di Saturno; la rivoluzione *siderea* in giorni (d = *dies*). Del decimo satellite (n. 461) gli elementi non sono ancora sufficientemente precisati.

CAPITOLO IV.

IL PIANETA VENERE (♀).

465. — Il pianeta più splendido dei nostri cieli è senza dubbio il pianeta Venere (Ἀφροδίτη). Chi non conosce la fulgente **stella vespertina** (Ἕσπερος) che arde come una fiaccola celeste nell'occidente dopo il tramonto del Sole (quando il pianeta, nel suo giro intorno all'astro del giorno, trovasi dal lato orientale del medesimo I, n. 319), ovvero la non meno brillante **stella mattutina** (φωσφόρος), che annunzia l'arrivo del

Digitized by Google

giorno (quando Venere trovasi all'ovest del Sole)? Poeti sacri e profani la celebrano come la regina tra le stelle del firmamento, e gli astronomi l'hanno fatta oggetto dei loro studii fin dai primordi della scienza astronomica (I, n. 337).[1] **Lo splendore** del pianeta è però molto variabile, a misura della maggiore o minore distanza dalla Terra, che varia tra 38 e 260 milioni di km.; per conseguenza anche il diametro apparente del disco, visibile nel telescopio, varia assai (tra 10″ e 65″). Il massimo splendore rispetto alla Terra, si osserva, quando il pianeta trovasi in vicinanza della congiunzione inferiore, circa a metà della massima elongazione di qua o di là dal Sole. Allora (come noi stessi abbiamo potuto constatare molte volte) Venere è visibile anche ad occhio nudo, e ciò a qualunque ora del giorno; purchè si conosca ad un dipresso la regione del cielo, dove cercarla.

Se noi, ad onta delle accennate prerogative, trattiamo del pianeta in questo luogo (dopo ♂, ♃, ♄), ciò si fa per rimanere fedele al programma stabilito di sopra (n. 86 e 350), annunziando con ciò già sufficientemente, che le nostre cognizioni sulla costituzione del pianeta sono ancora assai imperfette.

Art. I. — Le fasi di Venere.

466. — Il cambiamento della luminosità del pianeta non è unicamente dovuto alla variabile distanza da noi, per la quale l'apparente diametro ora è maggiore, ora minore, ma anche

(1) Venere è l'unico pianeta, menzionato da Omero, il quale canta (*Il.* XII, 317):

> Οἷος δ'ἀστὴρ εἶσι μετ' ἄστρασι νυκτὸς ἀμολγῷ
> Ἕσπερος, ὃς κάλλιστος ἐν οὐρανῷ ἵσταται ἀστήρ.

Cfr. Verg. *Aen.* VIII, 589.

Gli inni liturgici sono pieni di allusioni all'ufficio del pianeta (*lucifer*) di annunziare la venuta del Sole

> *Ortus refulget lucifer — Praeitque Solem nuntius* ecc.

e siccome la Chiesa celebra i santi come le stelle del firmamento mistico del paradiso, così essa saluta col titolo di *Stella matutina* la regina dei cieli, la madre di Dio, la nascita della quale era il lieto annunzio della venuta di Cristo (*Sol iustitiae*): ideali senza dubbio molto più nobili di quelli del paganesimo col suo Olimpo.

Digitized by Google

alla **variazione delle fasi**, le quali, a modo delle fasi lunari, in una rivoluzione sinodica del pianeta intorno al Sole offrono tutti gli aspetti possibili. La figura 120 ne mostra le più caratteristiche, cioè una (1) presso la congiunzione inferiore, quella del *massimo splendore* (2), della *dichotomia* (3), una appartenente alla parte dell'orbita oltre il Sole (4), ed una appresso alla congiunzione superiore (5). Il rapporto rispettivo del diametro apparente è conservato per mostrare, con ulteriore evidenza, la differenza tra l'incremento della fase (per un osservatore terrestre) e quello della luminosità.

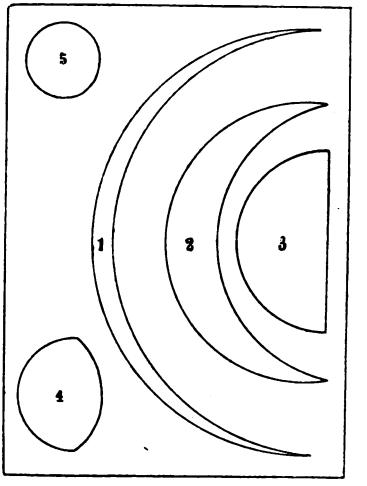


Fig. 120. Le fasi principali di Venere.

La scoperta delle fasi di Venere, fatta dal Galilei nel dicembre 1610 (n. 422), confermò splendidamente la previsione di Copernico, che le aveva predette, come conseguenza del giro che fa questo pianeta intorno al Sole.[1] Infatti, come spiegò poi Keplero, quando il pianeta, nella parte da noi più remota dell'orbita sua, ha col Sole un moto diretto, esso deve apparire piuttosto rotondo (4 e 5, Fig. 120); quando invece ha un moto retrogrado, apparirà falcato (2 e 3, Fig. 120): l'osservazione poi di cotesti fenomeni è un segno evidente che trattasi di luce riflessa solare, e che il movimento del pianeta si compie intorno al Sole.[2]

467. Presso la **congiunzione inferiore** il pianeta ordinariamente è invisibile ad occhio nudo, quando trovasi meno di 4 gradi distante dal Sole; essendo allora la sua falce sottile eclissata dai raggi solari. Se ciò nonostante alcuni autori riferiscono[3] di avere veduto Venere allo stesso giorno la mat-

(1) Copernicus, *Revol.* l. I, c. 10; sulla teoria delle fasi vedi sopra (n. 213).

(2) *Epitome Astron. Cop.* cfr. Kepleri, op. (ed. Frisch), VI, 352.

(3) Cfr. Riccioli, *Almag. Nov.* I, 661.

Digitized by Google

tina prima del levar del Sole (come *stella mattutina*) e la sera (come *vespertina*) dopo il tramonto del Sole, ciò si spiega colla latitudine boreale del pianeta, che in tale occasione può essere di parecchi gradi, mentre la sua longitudine è pressochè identica con quella del Sole. Per mezzo del telescopio il pianeta può essere osservato in prossima vicinanza del Sole; anzi in occasione del suo passaggio davanti al disco solare (I, n. 464) si è potuto seguirlo fin al contatto col lembo solare, al quale momento esso comincia a proiettarsi come un dischetto nero sul Sole luminoso. In tal caso però non è il filo sottilissimo della fase luminosa che rende visibile il pianeta, ma piuttosto il fondo più chiaro della corona solare, che contrasta alla parte oscura del pianeta, voltata verso la Terra (n. 332). Se taluni asseriscono d'aver osservato in vicinanza del Sole il disco planetario circondato da un finissimo filo di luce, che sorpassava anche la metà della circonferenza del circolo, formando anzi un cerchio quasi completo, ciò dovrà ascriversi piuttosto alla esistenza di un'atmosfera considerevole intorno a Venere, nonchè alla semplice fase.

468. — Quando la fase del pianeta è abbastanza ridotta, si riesce a vedere anche **la parte oscura** della superficie in una **luce cinerea** debolissima, simile a quella della Luna, descritta disopra (n. 194). Questo fenomeno, già notato dal P. Riccioli nell'anno 1643 (l. c. 484), riosservato di nuovo dall'inglese W. Derham (1714), dal Kirch (Berlino 1721 e 1726), dal Mayer in Greifswalde 1759, dall'Harding 1806, dallo Schröter 1806 e 1807, dal Gruithuisen (Monaco 1825), dal P. de Vico al Collegio Romano 1841, e recentemente da noi stessi e da molti altri osservatori, è stato discusso dal prof. Safarik di Praga,[1]

(1) Il prof. Dr SAFARIK pubblicò negli atti (*Sitzungsberichte*) dell'Accademia boema di Praga, 1873, p. 243, una memoria sul fenomeno (*Ueber die Sichtbarkeit der dunklen Halbkugel des Planeten Venus*), nella quale enumera 22 astronomi che lo osservarono dal 1714 al 1872. Due osservazioni importanti sembrano però essere sfuggite al diligente compilatore, quelle cioè dei Padri gesuiti Riccioli e De Vico. È vero che il primo aggiunge che quel colore azzurro-verdastro (*caeruloviridis*), che vedeva nella parte del pianeta avversa dal Sole, era forse dovuto semplicemente al cromatismo del telescopio (*a vitro tubi probabiliter fuit*), ma è altrettanto importante che nella figura annessa, del 9 gennaio 1643, circonda il disco oscuro con una striscia bianca perfettamente circolare, ascrivendola all'illuminazione

Digitized by Google

il quale per spiegarlo enumera queste tre **ipotesi principali**: O si tratta di luce propria del pianeta, ovvero di luce riflessa di qualche altro pianeta, o finalmente d'una semplice illusione ottica:

1. La luce propria potrebbe provenire da qualche incandescenza superficiale, simile a quella dei pianeti Giove e Saturno (nn. 424 e 452); dall'illuminazione artificiale o naturale, cagionata da vasti incendii, da fenomeni elettrici, somiglianti alla fosforescenza dei nostri mari, ai grandiosi temporali che talora con fulmini continui coprono vaste regioni terrestri, ovvero alle nostre aurore polari che illuminano talvolta i due emisferi del nostro globo.

2. La luce riflessa potrebbe provenire dai pianeti più vicini: ☿, ♂, ♃, ♄ (cosa già sospettata dal Riccioli), o piuttosto dalla fosforescenza di certe sostanze, che assorbiscono di giorno la luce solare, per restituirla in parte durante la notte.

3. Illusioni ottiche potrebbero pure avere la loro parte nel fenomeno, specialmente quella cagionata dal contrasto, prodotto da un dischetto oscuro, proiettato sopra un fondo più chiaro (formato dalla corona solare). La stessa varietà, colla quale i molti osservatori descrivono le particolarità del fenomeno, sembra confermare, almeno in parte, questa spiegazione.

I dati del problema da risolversi sono ancora troppo scarsi per fare una scelta tra le molte spiegazioni messe fuori, si noti soltanto che qui come altrove sarebbe erroneo di ammetterne una sola coll'esclusione delle altre; potrebbe darsi benissimo che soltanto il concorso di varie delle cause accennate sia capace di produrre la visibilità del fenomeno, che si osserva egualmente (benchè rare volte) di giorno e di notte.

469. — Lo **splendore massimo** del pianeta dipende da due fattori principali, dalla fase cioè e dalla distanza rispettiva da noi; forse in terzo luogo anche un poco dalle varie mac-

dei pianeti Giove e Saturno (*semiannulus autem lucidus, quo a tergo coronabatur erat forte a Iove ac Saturno illam illustrantibus utpote orientalioribus*). La descrizione del De Vico e del suo assistente Palomba «*che di certo era visibile l'intero disco del pianeta*» (Mem. Coll. Rom. delle osservazioni del 1840-1841, pubbl. 1842, p. 64) non lascia nessun dubbio, e fu verificato da parecchi altri, presenti all'Osservatorio.

Digitized by Google

chie, che si osservano sulla superficie. Generalmente parlando, si osserva la luminosità massima, quando il pianeta nel suo giro sinodico (di 218 giorni, 16^h) intorno al Sole trovasi 39^0 distante da questo, come accade circa 36 giorni prima o dopo la congiunzione inferiore. Il suo splendore, secondo le ricerche fotometriche di G. Müller (Potsdam), supera allora circa 70 volte quello della stella più brillante del nostro emisfero boreale, cioè di *Vega* (α Lyrae), ossia 18 volte quello della stella più luminosa a noi Europei visibile, cioè di *Sirio* (α Canis maj.). In quelle condizioni è facile vedere il pianeta, anche **ad occhio nudo**, a mezzogiorno. Per ritrovarlo più facilmente uno può servirsi della Luna più o meno vicina; specialmente se Venere è *stella mattutina*. Notando cioè la mattina al levar del Sole il triangolo celeste, formato dai tre astri (☉, ☽, ♀) per mezzo di un filo steso attraverso il Sole e la Luna, è cosa facilissima (secondo la nostra propria esperienza) di ritrovare, a qualunque ora del giorno colla data base (☉ ☽), il vertice (♀) del noto triangolo. Osservando il pianeta mentre il Sole colla Luna si trovano abbastanza sotto l'orizzonte, si vede distintamente **l'ombra**, gettata dal pianeta splendente, particolarmente in un ambiente privo di altra luce (del cielo stellato).

Fig. 121. Venere osservata al Gianicolo 20 giugno 1897.

470. — Deformazioni della fase si osservano spesse volte. Ora il *circolo terminatore* (n. 198) non rappresenta una linea netta (retta ed ellittica), ma irregolare e ondulata; ora le cuspidi della falce appariscono come troncate, arrotondate ed alle volte anche come prolungate oltre il limite teorico. Esempi di tali deformazioni, notate ugualmente già dal P. Riccioli (*Alm. Nov.* I, 485) abbondano fin dalle prime osservazioni telescopiche. Quelle notate dai primi osservatori erano senza dubbio, in gran parte, dovute alle varie rifrazioni dell'atmosfera terrestre, specialmente le meno stabili; l'aberrazione (sferica) dei primi telescopi doveva vieppiù esagerarle. Le osservazioni però anche più recenti dimostrano ad evidenza che esse hanno qualche fondamento nelle configurazioni e condizioni superficiali del pianeta stesso.

Digitized by Google

La figura 121 rappresenta la fase da noi osservata col nostro equatoriale di 27 cm. il 20 giugno 1897. L'irregolarità del circolo terminatore, il quale nella proiezione visuale dovrebbe essere una ellisse perfetta, è evidente, specialmente presso i due corni. Siccome però queste particolarità, come pure le macchie, osservate sul pianeta dovranno essere discusse più ampiamente nell'articolo seguente, per ora bastino questi cenni.

Art. II. — La rotazione del pianeta.

471. — Venere, come gli altri pianeti finora considerati, mostra macchie oscure sulla sua superficie, illuminata dal Sole. Il P. Riccioli riferisce che l'astronomo napoletano Franc. Fontana nei mesi di nov. e dic. 1645 e nel gen. 1646, osservò qualche macchia oscura sul globo di Venere.[1] Queste macchie rotondeggianti furono vedute talvolta anche fuori della fase illuminata, anzi fuori del disco planetario; dalle figure illustrative aggiunte si vede trattarsi piuttosto di falsi riflessi nell'interno del telescopio, che di macchie reali. Attesta inoltre il lodato P. Riccioli di sè come del suo amico P. Grimaldi e Gassendi, di non aver potuto mai vedere simili *globuli oscuri*.

Nel 1665 **Giovanni Domenico Cassini** (allora professore in Bologna) osservò qualche macchia chiara d'una certa stabilità sulla superficie del pianeta, e dal ritorno di simili configurazioni credette di poter dedurre che il globo di Venere rotasse intorno ad un asse proprio nel periodo di circa 23 giorni.[2]

Giacomo Cassini (figlio del precedente) ripigliò questi studii intorno alla rotazione del pianeta circa settanta anni più tardi; la conclusione però alla quale arrivò, fu assai diversa.

(1) *In observationibus Franc. Fontanae* (tr. 5, c. 2) *lego visam* ♀ *Vespertinam... semiasperam in parte concava... cum uno aut altero globulo nigricante, modo extra, modo intra corpus Veneris.* — Riccioli cercando qualche spiegazione di quelle apparenze soggiunge: *neque enim planetas esse Veneris comites ausim dicere, donec aliquid pro hac re certius dies doceat.* (*Almag. Nov.* I, 485).

(2) I. D. Cassini, *Disceptatio apologetica de maculis Iovis et Martis annis 1666 et 1667 et de conversione Veneris circa axem suum.* Bononiae 1667. Anche il Buratini in Polonia vide le macchie contemporaneamente, come vedesi dal *Journal des Savants* pel 1665 e 1668.

Digitized by Google

Secondo le sue ricerche il pianeta compiva un giro intero in un tempo più breve, poco differente dalla rotazione terrestre, cioè in 24 ore, 20 min. Giacomo proseguì i suoi lavori all'osservatorio di Parigi; si avvide però sempre più quanto fosse arduo il problema, stante la grande difficoltà d'identificare le macchie fugaci della superficie planetaria. Egli assegnò intanto al *nodo ascendente* dell'equatore (poco inclinato all'eclittica) la longitudine di 200°.

472. — Francesco Bianchini, con un grande telescopio, di apertura piuttosto piccola, ma di una distanza focale di oltre 20 metri, osservò, negli anni 1726 e 1727, il pianeta in Roma ed Albano con grande diligenza e perseveranza. Egli constatò di nuovo il periodo di rotazione (24 giorni ed 8 ore) indicato approssimativamente da Dom. Cassini. Quello poi che diede maggiore peso a questa determinazione fu il mappamondo della superficie planetaria, qui per la prima volta delineato.(1) La controversia che per conseguenza nacque tra il Bianchini e Giacomo Cassini non condusse a nessun risultato definitivo. Neppure le osservazioni di W. Herschel, fatte dal 1777 in poi, rischiararono i dubbi rimasti. L'astronomo tedesco **Giov. Schröter**, cominciò allora ad occuparsi per molti anni della questione, cercando di risolverla definitivamente con le sue diligenti osservazioni, pubblicate nel 1792. Il risultato di queste ricerche fu un periodo di rotazione in 23 ore, 21 minuti, 19 secondi, più tardi (1809) corretto in 23^h, 21^m, 19^s.

La controversia però non era con ciò del tutto finita; poichè presto insorsero nuove voci favorevoli al periodo d'una rotazione lenta nel senso del Bianchini e Cassini seniore. Per finirla una volta per sempre, gli astronomi autorevoli Olbers e Schumacher fecero allora un appello agli osservatori d'Italia, affinchè, favoriti dallo stesso cielo dei predetti e forniti di strumenti anche migliori, esaminassero di nuovo la questione.

473. — Il P. De Vico, dietro questo invito, cominciò nel 1839 le sue osservazioni ed i suoi studi all'osservatorio

(1) *Hesperi et Phosphori nova phaenomena, sive observationes circa planetam Veneris*, nunc primum editae a Francisco Blanchinio Veronensi. Romae 1728. Il cannocchiale del Bianchini colla distanza focale di 66 piedi aveva un'apertura di soli $2\,1/2$ pollici.

Digitized by Google

del Collegio Romano, continuandole fino al 1843, aiutato dal suo assistente assiduo Palomba. Senza entrare nei minuti dettagli della questione, pubblicati in successive memorie dallo stesso De Vico (1839, 1840, 1842), basta riassumerne il risultato finale, secondo il quale, Venere compierebbe la sua rotazione intorno all'asse proprio in 23^h, 21^m e $21^s,_{9345}$; il piano dell'equatore del pianeta sarebbe inclinato all'eclittica di $53°\ 11'\ 26''$; il nodo ascendente del medesimo si troverebbe alla longitudine di $57°\ 19'\ 18''$.

Con ciò sembrava ristabilita la concordanza coi risultati già ottenuti da Giac. Cassini e Schröter; ed essendo conosciuta l'abilità degli osservatori del Collegio Romano, i numeri stabiliti dal De Vico furono generalmente adottati dai vari autori.(1)

Stante il periodo suddetto d'una rotazione di quasi un giorno terrestre, è cosa naturale che, osservando il pianeta in giorni successivi alla stessa ora, si vedano più o meno le medesime configurazioni, purchè queste appartengano alla superficie stabile del pianeta; soltanto un piccolo spostamento verso ovest dovrebbe manifestarsi, come fu realmente osservato ancora dal Denning 1880, il quale dice espressamente, che sorvegliando il pianeta per due o tre ore continue, lo spostamento delle singole macchie nel senso dell'accennata rotazione si rende evidente.(2)

474. — Dopo ciò venne come una sorpresa la pubblicazione del chiarissimo **Schiaparelli** d'uno studio fatto sulla questione che ci occupa, il risultato più importante del quale può riassumersi nella seguente proposizione: *Nessuno dei periodi fin qui assegnati è ammissibile! Venere ruota intorno all'asse proprio con moto lentissimo, il quale molto probabilmente è uguale al periodo del moto di traslazione del pianeta intorno al Sole, cioè di giorni 224,7 (rivol. siderea). L'asse di rotazione è sensibilmente perpendicolare al piano dell'orbita.*

(1) Per altri particolari rimettiamo il lettore alla nostra Memoria: *Studi sul moto rotatorio del pianeta Venere*, presentata all'Accademia dei Nuovi Lincei nel dicembre 1898 e pubblicata nel volume XVI delle *Memorie* dell'Accademia. Qui possiamo dare soltanto un breve sunto di quegli Studi.

(2) *Monthly Notices*, Roy. Astr. Soc. 1882, vol. XLII, p. 109 seg.

Digitized by Google

Esaminando di nuovo tutti i lavori fatti fino allora, Schiaparelli vide la necessità di nuove osservazioni, le quali fatte dipoi colla solita competenza, condussero l'illustre astronomo ad escludere affatto i periodi poco diversi da 24 ore. Pel suo (di 225^d) egli permette una variazione anche di qualche settimana, come pure ammette che l'asse di rotazione possa essere fino a 10° o 15° diverso dalla detta perpendicolare.(1)

Schiaparelli fece le sue osservazioni specialmente nel 1877 e 1878 col suo rinomato equatoriale di Merz (n. 373). Macchie abbastanza ben definite, chiare ed oscure, si osservarono di tempo in tempo, ma importanza particolare fu data all'osservazione di certe piccolissime macchie lucide rotondeggianti e ben definite, circondate e fiancheggiate talvolta da ombra intensa, e spesso accoppiate due a due, le quali si riproducevano in diverse parti del pianeta, specialmente presso il circolo terminatore e solevano durare pochi giorni.

475. — Le conclusioni dell'astronomo milanese, come era da aspettarsi, non rimasero senza contraddizione. Non è qui il luogo di diffonderci sopra la controversia, così risuscitata ed agitata più animosamente di prima, alla quale anche l'autore di questo libro (come può vedersi nella *Memoria* citata n. 473), prese parte attiva sin dal 1895. Astronomi illustri, come il Niesten (di Bruxelles), il Trouvelot (di Cambridge), il Brenner (di Lussinpiccolo) ed altri, confrontando le discussioni dell'astronomo Schiaparelli colle proprie osservazioni, dichiararono enfaticamente che la rotazione di quel pianeta non poteva essere molto diversa da quella assegnata dal De Vico (cioè di circa 24 ore). Io stesso, dietro le numerose osservazioni, fatte **al Gianicolo**, che da principio sembravano favorevoli ora all'una, ora all'altra ipotesi, mi vidi finalmente costretto di confessare, che *non pochi fatti, osservati sulla superficie del pianeta, sembrano inconciliabili con una rotazione lenta; essi invece suppongono un periodo non molto diverso da quello della rotazione terrestre* (*Mem.* cit., p. 31). Osservai spesse volte spostamenti di macchie in brevi intervalli di tempo, le quali si effettuarono quasi senza eccezione

(1) Le ricerche furono pubblicate in parecchie Note consecutive presentate al R. Istituto Lombardo, Ser. II, vol. XXIII (Milano 1890).

Digitized by Google

da est verso ovest, cioè nel senso della supposta rotazione breve. Talvolta osservai il pianeta per parecchie ore continuate (fino a cinque, come, per es., il 25 luglio 1895), vedendo non solo delle macchie assai diverse da quelle notate in altri giorni ad ore differenti, ma eziandio un avanzare sensibile di parecchie dal terminatore verso l'interno della fase.

476. — **La difficoltà** principale contro una pronta soluzione di un problema (in apparenza così semplice) a noi sembra stare in ciò che le macchie che si osservano, specialmente le ombre oscure, sono piuttosto il prodotto di certe interruzioni nell'atmosfera densa e coerente di Venere, che configurazioni stabili della superficie planetaria. Siccome lo strato nuvoloso stesso riflette la luce solare con maggiore intensità, il pianeta, non soltanto splende in una luce molto abbagliante, ma fa vedere anche il riflesso del Sole (a modo d'una palla eliotropica, n. 393) in un punto determinato più che altrove. D'altronde si spiega la grande difficoltà, sperimentata dagli osservatori, di afferrare i contorni delle dette ombre, le quali, ad onta del moto generale da est verso ovest, mostrano alle volte dei cambiamenti capricciosi che sembrano veri salti fantastici. Chi osservasse da un astro vicino uno strato simile di nuvole terrestri, coprente quasi tutto l'emisfero visibile, godrebbe senza dubbio d'uno spettacolo somigliante a quello descritto. Così pure si spiega il fatto, perchè le dette ombre oscure scompariscano vicino al lembo del pianeta, dove le interruzioni oscure, vedute in iscorcio, non sono più visibili.

477. — L'**apparente stabilità** di certe macchie bianche, che sembra indicare la rotazione lenta, dovrà probabilmente ascriversi a certi periodi meteorologici giornalieri. Come sulla Terra alcune regioni nelle varie stagioni dell'anno mostrano in certe ore del giorno un cielo più nebbioso, oscuro o poco trasparente, così sarà sopra Venere. Tali oscurazioni dell'atmosfera, vedute dal di fuori, appariscono più brillanti del resto del pianeta; esse conservano una certa distanza costante dal circolo terminatore, perchè si producono successivamente nelle varie regioni, per es., col levare o tramontare del Sole. Perciò, come dichiara il Niesten, l'osservazione delle macchiette bianche e rotonde (delle quali Schiaparelli si servì

Digitized by Google

principalmente) non può essere utilizzata per dedurre il periodo della rotazione.(1)

Anche senza ricorrere alla meteorologia, la semplice posizione relativa del Sole e del pianeta relativamente alla Terra potrebbe produrre la stabilità di certe apparenze ottiche, per es., di quel riflesso eliotropico già notato, da noi moltissime volte osservato. Il signor Villiger di Monaco (Baviera), per studiare meglio queste condizioni, ha fatto costruire globi artificiali (di gomma e di gesso) del diametro di 5,5 cm. Collocandoli circa 400 metri distanti dall'osservatorio ed illuminandoli lateralmente, per mezzo di un lume a petrolio, sotto diversi angoli azimutali, riuscì a produrre fenomeni ottici simili a quelli stabilmente osservati sul pianeta. Vide cioè nel telescopio di osservazione (il campo del quale era illuminato), più luminosi, non solamente le calotte polari, ma anche il lembo della palla, mentre una striscia meridiana oscura manteneva il suo posto ad onta della rotazione della palla.(2) Questo semplice esperimento mostra, quanto siano precarie le argomentazioni fondate sopra somiglianti fenomeni permanenti.

478. — Schiaparelli ammette volontieri, che le macchie leggiere in generale possano essere determinate da processi, che hanno luogo o si rispecchiano nell'atmosfera del pianeta; egli è però di opinione che tutte le **variazioni osservate**, appartengono alla categoria di quelle mutazioni apparenti di periodo diurno, di cui può rendere ragione la variabile quiete e purezza dell'atmosfera (terrestre) e il diverso grado d'illuminazione del fondo del cielo. Egli persiste (ancora nel 1895) nell'asseverare che la rotazione lenta di 224,7 giorni, da lui annunziata cinque anni prima, sia oramai fuori di ogni ragionevole dubbio, e per confermare vieppiù questa sua tesi, egli addita il fatto più saliente, che l'aspetto delle ombre, di cui era sparso il disco planetario, non aveva subìto alcuna mutazione importante di forma e di sito nell'intervallo di ben cinque giorni (dal 3 all'8 luglio 1895).(3)

(1) L'hypothèse d'une rotation lente, basée sur l'observation des petites taches rondes et claires doit être abandonnée. (*Memoria* cit.).

(2) *Annalen der Münchener Sternwarte.* Band III, 1898.

(3) *Astron. Nachrichten,* N. 3304.

Digitized by Google

Le nostre **proprie osservazioni**, che cominciano dallo stesso mese del medesimo anno, e si estendono fino a tutto l'anno 1898, non ci permettono di parlare con tanta fiducia. Non sarebbe impossibile citare da esse simili esempi di apparente permanenza, ma più facile sarebbe il cómpito, di mostrare la loro variazione. Così il giorno 25 dello stesso luglio 1895 osservai il pianeta (di giorno) per circa cinque ore, cioè la mattina dalle $10^h\ 20^m$ (t. m. Europa centr.) alle $12\ 1/4$, e di nuovo dalle 5 (p. m.) fino alle $7^h\ 45^m$. In questo intervallo feci sei disegni del pianeta che mostrano con una certa evidenza il progresso lento delle macchie osservate. Già la prima (Fig. 122, imagine a sinistra) fatta la mattina verso le 11, non mostrò nessuna somiglianza con quella della sera precedente, ed era pure assai differente da quella delle 5 (p. m.) fatta sei ore dopo, che vedesi a destra nella figura. Osservai di più lo staccarsi delle ombre dal circolo terminatore ed altri simili fenomeni, descritti nella citata *Memoria*. Quantunque fosse veramente un'intenzione secondaria delle nostre osservazioni, di vedere confermata la scoperta dell'insigne astronomo di Brera, i fatti osservati c'impongono l'obbligo, almeno di sospendere il nostro giudizio e di aspettare altri argomenti più decisivi, sia per l'una, sia per l'altra sentenza.

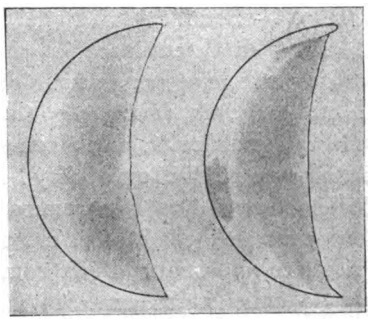


Fig. 122. Venere osservata al Gianicolo.

479. — Secondo il nostro modesto parere (esposto più ampiamente e confermato col testimonio di molti altri osservatori nella citata *Memoria*), tanto l'una, quanto l'altra opinione, cioè quella di una lenta e di una breve rotazione, lavorano sotto certe difficoltà difficilmente solubili coi mezzi dei quali disponiamo finora. L'argomento che secondo noi rende più probabile la **rotazione breve** è l'indicato spostamento continuo delle ombre da est verso ovest. Tale spostamento, essendo in primo luogo dovuto alla rotazione del pianeta, sarebbe inesplicabile colla rotazione lenta, indicato da Schiaparelli, essendo

Digitized by Google

però in secondo luogo soggetto alle variazioni atmosferiche del pianeta, non può mostrare quella regolarità di figura e di direzione, come la mostrano le macchie fisse delle superficie solide planetarie, per es., quelle della Luna, di Marte, ecc., la quale superficie nel caso di Venere sembra ordinariamente coperta d'un velo atmosferico, impenetrabile ai nostri sguardi, benchè vi possano essere occasioni eccezionali, forse anche periodi, nei quali l'atmosfera densa di Venere si mostri più trasparente del solito e quindi più propizia alla soluzione dell'arduo problema[1] (vedi n. 488).

480. — Sono stati fatti dei tentativi, suggeriti già da noi ed altri[2] di determinare la rivoluzione con un metodo del tutto diverso, cioè per mezzo dello **spettroscopio**, utilizzando il noto *principio di Doppler* (n. 67). Il primo che, ad onta delle molte difficoltà, riuscì con simili ricerche fu l'astronomo di Pulkowa A. Belopolsky, il quale dopo aver annunziato già per mezzo d'un telegramma dell'11 aprile 1900 alla stazione centrale delle Notizie astronomiche di Kiel (Germania), il risultato importante d'una rotazione breve, pubblicò poi nel maggio dello stesso anno un ampio sunto delle sue osserva-

(1) Con ciò mi pare d'aver anche dimostrato l'insufficienza della controprova, messa fuori dallo Schiaparelli contro il De Vico, il quale dalle migliaia di osservazioni e misure (prese dal Palomba) credette di poter definire anche la posizione dell'asse di rotazione. Se l'asse fosse così disposto, arguisce l'illustre astronomo milanese, una macchietta (da me osservata) avrebbe dovuto spostarsi nel tal tempo in tal modo; questa invece rimase al suo posto, dunque almeno l'asse di rotazione non può essere quello. — Che con ciò si sia toccato un punto debole della teoria del De Vico non lo neghiamo, si avverta però che l'osservatore dell'Università Gregoriana (Collegio Romano) dovette lavorare da principio con uno strumento modesto, neppure parallaticamente montato, e non come farebbe credere il Littrow-Weis (*Wunder des Himmels*) « cogli eccellenti telescopi di Fraunhofer ».

(2) *Memoria* citata, p. 45. Cf. *Natur und Offenbarung,* Münster 1899, Band 45, p. 56.

Una proposta nuova è stata fatta dal signor Löschhardt (*Wiener akad. Sitzungsberichte* 1904), di usare cioè il *bolometro* (termometro sensibilissimo) ad accertare se la radiazione termica del pianeta al tempo della congiunzione superiore sia maggiore di quella corrispondente alla congiunzione inferiore, come dovrebb'essere se Venere mostrasse sempre la stessa faccia al Sole. Se invece il pianeta ruota in 24 ore vi dovranno essere osservati periodi brevi di massimi e minimi bolometrici.

Digitized by Google

zioni spettrofotografiche.[1] La rotazione risultante da queste sarebbe di circa un giorno, ossia di circa 24 ore. È vero che anche Belopolsky considera questi risultati, ottenuti con strumenti inferiori a quelli di Lick e Yerkes, come un primo saggio, non come definitivi; anzi, determinazioni simili, fatte dipoi (1903) all'osservatorio Flagstaff da V. M. Slipher, diedero risultati piuttosto negativi (favorevoli alla rotazione lenta); ma ciononostante, la persuasione generale sembra vieppiù inclinarsi di nuovo verso il periodo d' una rotazione breve, la quale, considerati tutti i *pro* e *contra*, sembra per ora la più probabile (cf. n. 488).

Art. III. — Costituzione fisica del pianeta.

481. — Essendo ben conosciuti gli elementi astromeccanici di Venere (I, n. 593), la sua distanza relativa dal Sole e dalla Terra, confrontata colla misura dei varii diametri apparenti, permette senz'altro la determinazione del **diametro** reale di 12 106 km., del **volume** di 926 000 milioni di km. cubi. Relativamente al volume, Venere è poco (0,86) inferiore alla Terra, ed anche la sua **densità** (0,928) è quasi la medesima come quella (1,0) della Terra. Se fosse quindi accertata definitivamente la rotazione intorno all'asse proprio in circa 24 ore, i due pianeti vicini Terra e Venere si rassomiglierebbero assai l'uno all'altro. Vi rimarrebbero però sempre le grandi divergenze risultanti dalla maggiore vicinanza di Venere al Sole, e dalla traslazione in un tempo più breve intorno all'astro del giorno, dalle quali dipendono poi le vicende meteorologiche, i cambiamenti delle stagioni, i varii climi ecc.

482. — L'esistenza di un' **atmosfera** abbastanza densa sul pianeta, dalle cose discusse nell'articolo precedente, è fuori d'ogni dubbio. Perciò noi non vediamo quasi mai la superficie del pianeta stesso; perciò il circolo terminatore, alterato da forti crepuscoli, apparisce soltanto confusamente e come una linea mal definita; perciò lo spettroscopio mostra delle righe simili alle righe telluriche, cagionate dalla nostra atmosfera; perciò le stelle, che vanno ad occultarsi dietro il di-

(1) *Astron. Nachr.* n. 3641; cf. nn. 3635 e 3992.

Digitized by Google

sco planetario prima del contatto mostrano già un certo indebolimento di luce.

Lo spettro di Venere, già osservato da Vogel, Secchi, Huggins, colle sue righe di assorbimento coincide perfettamente con quello del Sole, di cui riflette la luce. Si osservano però anche righe nuove (simili alle dette righe telluriche, n. 156), che colla loro finezza straordinaria attestano di nuovo la densità dell'atmosfera planetaria, essendo la luce, prima di penetrare a grande profondità dell'atmosfera medesima, riflessa verso di noi. Il fatto poi che esse coincidono generalmente con quelle dell'atmosfera terrestre dimostra pure, che le sostanze che compongono le due atmosfere sono più o meno identiche. In particolare il vapor d'acqua si trova abbondantemente nell'atmosfera di Venere.

Tutto ciò non è soltanto in armonia perfetta colle osservazioni dirette, ma viene di più confermato dalle misure fotometriche, che dimostrano un alto grado di albedine (n. 438), ossia un grande potere riflettente di quello strato superficiale dell'atmosfera.

L'atmosfera rifrangente di Venere deve anche arrivare ad un'altezza forse maggiore dell'atmosfera terrestre, come segue dall'osservazione già riferita, fatta dal P. Secchi nel 1856 e dall' Holden (Lick) il 5 dic. 1882, al tempo della congiunzione inferiore. Un cerchietto fino luminoso circondava quasi l'intera circonferenza (240°) del disco oscuro; il P. Secchi notò di più il passaggio di questo filetto lucido in poche ore da destra a sinistra nel campo del telescopio, concludendone che i crepuscoli di Venere devono essere ben più vivaci dei nostri.[1] Si aggiunga poi che la luce solare, ricevuta dal pianeta Venere, attesa la minore vicinanza (7:10), è assai più intensa ($10^2 : 7^2$ ossia 2 : 1) di quella ricevuta dalla Terra.

483. — Una luminosa conferma di ciò fu ottenuta in occasione del **passaggio di Venere** avanti al Sole nel dicembre 1874, quando il signor Layman, osservando il pianeta con l'avvertenza di occultare il Sole dietro fabbriche lontane, potè vedere l'accennato ingrandimento della fase giungere a formare un anello intero, poco prima del contatto esterno.

(1) *Bullettino meteorol. Coll. Rom.* 1875, p. 47.

Digitized by Google

Anzi il Cap. Mouchez ed altri videro questa aureola circondante il pianeta così viva che si trovarono perplessi sul vero momento della entrata del pianeta nel disco solare (I, n. 464).

Il P. Secchi (loc. cit.) rileva poi due fatti osservati nella medesima occasione dalla Commissione scientifica italiana (a Maddapore in Bengal): 1° Che i due contatti interni furono osservati con una differenza di circa 2 minuti dagli spettroscopisti e da quelli che osservarono senza spettroscopio. (1) 2° Il prof. Tacchini (capo della Commissione) potè osservare sul Sole presso dell'orlo di Venere le righe spettrali di assorbimento proprie dell'atmosfera terrestre.

L'osservazione dei varii passaggi di Venere avanti al disco solare ha reso noto un altro fenomeno curioso, cioè quello della cosidetta **goccia nera**, già notato dal P. Hell S. J. nel 1769. (2) Il disco nero del pianeta col suo ingresso totale sul disco luminoso del Sole, divenuto tangente a questo non si distacca subito dal lembo luminoso, ma si forma (nella direzione del contatto) col procedere del pianeta un *collo allungato*, il quale può rendere incerto il cosidetto contatto interno per parecchi secondi, anzi per quasi un minuto intero, e rendere

(1) Ciò mostra, dice il Secchi, che il diametro solare, preso allo spettroscopio, è notabilmente più piccolo di quello che si ha nei comuni strumenti, e da ciò segue che la cromosfera ha un'influenza sul diametro solare veduto telescopicamente. Del resto lo stesso Secchi aveva già prima notato un simile influsso dei vetri colorati usati nelle osservazioni solari.

(2) Il P. Hell, allora direttore dell'osservatorio di Vienna (Austria), fece le sue osservazioni in Warrdohus presso Hammerfest, in circostanze favorevoli; ma il Governo di Danimarca, che aveva organizzata quella spedizione, non volle che il risultato fosse subito pubblicato, cosa abbastanza naturale e ripetuta ancora dai varii Governi nella spedizione testè descritta del 1874 (cf. *Bull.* l. c.). Ciò però spiacque ad altri astronomi, specialmente al Lalande, e si formò il sospetto che il Padre volesse correggere le sue osservazioni, dietro quelle pubblicate dagli altri. Il sospetto secondo il Littrow (giuniore, uno dei successori di Hell in Vienna) sembrò fondato, poichè il manoscritto dell'Hell mostrava infatti certe correzioni. Tutta questa favola è stata dissipata ultimamente dal celebre astronomo americano Newcomb, il quale volle personalmente esaminare i detti manoscritti. Da questo esame risultò poi una splendida difesa dell'Hell; anzi secondo il lodato professore soltanto un occhio affetto di daltonismo (come fu poi constatato essere stato quello del Littrow) poteva arrivare a conclusioni così mal fondate.

Digitized by Google

così illusoria tutta l'osservazione, almeno in quanto allo scopo astronomico che richiederebbe la precisione di un secondo.

L'apparenza sembra però dipendere non tanto dall'atmosfera di Venere, quanto dall'irradiazione della luce. Il suo effetto può essere esagerato o diminuito dalla qualità dell'aria terrestre, dalla minore o maggiore perfezione del telescopio, e dalle condizioni dell'occhio dell'osservatore.

484. — **La topografia** di Venere è poco conosciuta. I mappamondi costruiti dal tempo del Bianchini (n. 472) fino ai giorni nostri, meritano poca fiducia, cosicchè possiamo facilmente dispensarci dalla loro riproduzione. (1) Una carta, del tutto differente dalle precedenti, e molto singolare a cagione dei lineamenti marcati, divergenti da un punto (a foggia delle strie lunari, n. 235) fu pubblicata (1897) dall'astronomo Percival Lowell dell'osservatorio Flagstaff (Arizona), insieme ad una nomenclatura particolareggiata, (2) simile a quella adottata dallo Schiaparelli per il pianeta Marte (n. 375). Questa carta, se corrispondesse al vero, proverebbe senz'altro la rotazione lenta del pianeta; essa costituiva quindi una difficoltà forte contro quelli che (come lo scrivente) credevano almeno probabile la rotazione veloce (di circa 24 ore). Noi esprimemmo subito i nostri modesti dubbi sulla realtà delle cose, osservate dal Lowell, ed abbiamo avuto poi la soddisfazione che parecchi anni più tardi (1902) egli stesso abbia pubblicamente ritrattato quel documento, dichiarando che quelle strisce probabilmente non erano inerenti alla superficie planetaria, ma dovute ad effetti ottici di un carattere curioso, fin allora non osservato. (3)

485. — Fra le notizie inaspettate, comunicate (1897) insieme alla carta suddetta dal signor Lowell, la più inaspettata mi parve quella dove diceva, che il pianeta non mostra **calotte polari.** Confessai ingenuamente nella *Memoria* citata (n. 473), che niente avea scosso in me tanto la credibilità

(1) Ciò sia detto però senza pregiudizio contro le pubblicazioni fatte dal Niesten, Brenner ed altri.

(2) *Astron. Nachr.* n. 3406.

(3) Continued observations have convinced me that the spoke-like markings on Venus are probably not upon the surface of the planet, but are optical effects of a curious and – astronomically speaking – of a hitherto unobserved character. (*Astr. Nachr.* n. 3823).

Digitized by Google

delle cose affermate dall'illustre astronomo americano, quanto questa asserzione: *there is no evidence of any polar caps*, che sembrava contradetta da tutti coloro, che avevano fin allora osservato il pianeta. È vero che le calotte polari di Venere non si mostrano con quella evidenza e con contorni così definiti come quelle di Marte; potremo pure ascrivere fin ad un certo grado la loro maggiore o minore bianchezza all'angolo, sotto il quale esse vengono illuminate dal Sole (n. 477); potremo interpretare quelle macchie bianche che formano le estremità della falce come cirri nuvolosi invece di campi di ghiaccio; ma negare l'apparenza da essi prodotta in quelle regioni, sembrò troppo.

Non sarebbe difficile riprodurre qui una scelta di osservazioni di dette calotte, notate nel nostro giornale di osservazione, ma preferiamo la citazione dell'autorità di altri astronomi competenti, quali sono, per esempio, lo Schröter, De Vico, Trouvelot, Webb, Phillips, Gruithuisen, Terby, Landerer, Flammarion, Brenner, ecc. Già tutti i disegni del P. De Vico, dei quali se ne vedono ben 78 nella citata *Memoria* del 1840–41, quasi senza eccezione mostrano le due estremità della fase bianche senza ombra di sorta. Schröter basò la rotazione veloce principalmente sopra certe modificazioni dei contorni, notati nei corni della falce. Lo stesso Schiaparelli, il quale dice di non avere potuto osservare tali deformazioni, viene alla conclusione, che le disparità, da lui attribuite alla forma dei corni, sieno piuttosto *differenze d'intensità luminosa nei medesimi e nelle parti della falce immediatamente continue.* [1] Il Trouvelot, che osservò Venere in America dal 13 nov. 1877 fino al febbraio 1878, nota due macchie bianche ai due corni, di Venere, le quali gli ricordarono le calotte polari di Marte; l'australe che splendeva più del corno boreale, diventò molto brillante dal 16 gennaio fino al 5 febbraio come se fosse composto di una serie di vette luminose, che sembravano a foggia d'una serie di punti brillanti, simili a tante stellette, formare i suoi contorni boreali. [2] Il Gruithuisen, che osservò

(1) Nota II, p. 6, 9. Nella IV (p. 4) lo stesso osservatore nota macchie ovali bianche e lucide al corno australe, che restarono visibili, talvolta *visibilissime*, per tutto il mese di dicembre 1877.

(2) *The Observatory*. A monthly review of Astronomy, vol. III, p. 417, citato nella Nota IV di Schiaparelli, p. 9.

Digitized by Google

in Monaco (Baviera) nel 1813 e 1814, aveva notato similmente la straordinaria luminosità nei due corni australe e boreale, che alle volte gli sembravano spuntare fuori dal resto della fase. Aggiunge espressamente, che il 3 gennaio 1814 vide al corno australe una macchia bianca ovale e luminosa, che gli pareva anzi meglio determinata delle macchie simili osservate in Marte. (1)

486. — Simili osservazioni furono fatte da me al Gianicolo, per esempio, il 24 febbraio 1897. I punti brillanti che vidi talvolta emergere dai corni, già assai luminosi, non restarono però visibili tutto il tempo, ma tornarono dopo l'intervallo di parecchie ore. Ammettendo con Schröter e Trouvelot una catena di montagne in quelle regioni, le cime delle quali si proiettano l'una sopra l'altra, non sarebbe impossibile di spiegare una certa uniformità di aspetto totale, ad onta dello spostamento rotatorio del pianeta, e quindi dei singoli individui. Ma come potranno ammettersi montagne di un'altezza così enorme (circa 30 km.)? Inoltre, se queste montagne veramente fossero vedute colle loro cime (coperte di neve), i suddetti cambiamenti dovrebbero succedersi nella supposizione d'una rotazione veloce, con una regolarità molto maggiore di quella osservata; nella supposizione invece d'una rotazione lentissima, conserverebbero maggiore costanza. Sarà quindi più probabile la spiegazione che quelle apparizioni siano piuttosto dovute a **alte nubi polari**, che a foggia delle nostre *pecorelle*, contengono in grande quantità piccoli cristalli di ghiaccio; i quali riflettono la luce solare con maggiore intensità e facilmente produrranno dalla parte notturna **fenomini elettrici** simili alle nostre aurore polari (n. 148). Con ciò tante altre cose, veramente osservate, sembrano abbastanza spiegate; come i cambiamenti talvolta capricciosi dei contorni di dette macchie, della loro luminosità, della visibilità dell'emisfero oscuro, la prominenza dei corni oltre i limiti teoretici della fase ecc. Tali nubi, sospese nelle alte regioni atmosferiche, si sposterebbero già pochissimo in quelle latitudini a cagione della rotazione planetaria, anzi potrebbero talvolta avere uno spostamento proprio tale, da eclissare completamente il moto ro-

(1) *Physikalisch astronomische Beobachtungen.* Cf. Schiaparelli, l. c. IV, 10.

Digitized by Google

tatorio del pianeta, il quale perciò difficilmente si potrebbe accertare per mezzo di esse sole.

487. — Un'**osservazione notevole**, rispetto alla posizione delle calotte polari e dell'equatore planetario, fu fatto da noi al Gianicolo il giorno 28 dicembre 1897 verso le 11 a. m. (t. m. E. C.), quando il pianeta era vicino alla sua congiunzione superiore col Sole, e presentava quindi un disco quasi completamente illuminato (Fig. 123). Osservai cioè delle **strisce oscure parallele**, del tutto somiglianti a quelle che sogliono vedersi in Giove (Fig. 109, n. 419). Una fascia oscura cingeva il globo planetario nel mezzo a modo d'una cinta equatoriale; due **calotte** più chiare del resto, si vedevano alla distanza di 90° dalla detta cintura, mentre due fasce parallele formavano quasi il limite tra quelle regioni (polari) più luminose e le latitudini intermedie. Al (supposto) polo Sud si vedevano i già descritti punti più brillanti come le punte d'un ago spuntare fuori dal fondo luminoso. Mi sembrava sciolto quasi per incanto tutto il problema intorno alla rotazione del pianeta ed intorno alla posizione dell' asse. Misurai perciò col micrometro la posizione, trovando un'inclinazione del supposto asse col meridiano (N S = Nord Sud) o circolo orario di 25° 11′ (cioè verso ovest per la parte boreale).

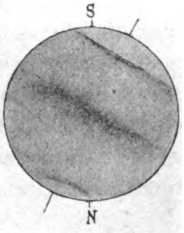


Fig. 123. Venere osservata dall' autore.

488. — Le **strisce quasi rettilinee** indicherebbero che la Terra si trovò allora presso la linea dei nodi dell'equatore di Venere; e siccome il pianeta stesso stava presso il nodo discendente dell'orbita sua, che ha un'inclinazione di circa tre gradi all'eclittica, risulterebbe da tutto l'insieme un'inclinazione di circa 28 gradi per l'asse di rotazione di Venere all'asse dell'orbita sua, ossia un'inclinazione di circa 28 gradi del piano equatoriale di Venere a quello dell'orbita; cosicchè anche in questo riguardo il pianeta si rassomiglierebbe assai alla Terra (n. 481).

Simili osservazioni furono da me fatte il 19 e 20 gennaio e il 2 febbraio 1898. In quella del 20 gennaio presi una nuova misura con mezzi più semplici e speditivi, ma trovai (senza ricordare al momento il valore di quella trovata un

Digitized by Google

mese prima) di nuovo un'inclinazione nel senso medesimo di circa 25° al meridiano celeste, al quale il pianeta passava 20 minuti prima del Sole. Ora però invece della fascia equatoriale se ne vedevano due, una boreale alla latitudine afroditografica di 30", l'altra australe alla latitudine di 50°. L'australe apparve più oscura della boreale, ma delle calotte polari, l'australe era più luminosa; osservai pure di nuovo quei punti brillanti, spuntanti dal medesimo.

L'osservazione del 2 febbraio mostrò simili apparenze; le strisce parallele allora erano tre, due presso le regioni polari, l'altra alla latitudine australe di 20°; la misura dell'inclinazione risultò di 23°.

Non vogliamo dare troppo peso a queste apparenze straordinarie, che dopo quel tempo non abbiamo potuto rivedere; poichè nelle osservazioni di aprile, maggio, giugno, ecc., mentre Venere si allontanava dalla congiunzione col Sole, ricomparirono le solite ombre vaghe ed incerte. Nondimeno la loro pubblicazione ci è sembrata utile per le ulteriori ricerche in questa direzione. (1)

Corollario. — Sul preteso satellite di Venere.

489. — Le congetture intorno ad un satellite di Venere rimontano fino ai primi tempi dell'invenzione del telescopio. Keplero (1610) nei cenni citati (n. 408) intorno ai satelliti probabilmente da scoprirsi, dopo quelli di Giove, presso gli altri pianeti, indica anche l'uno o l'altro presso il pianeta Venere (*unum forsan et alterum Circum-Venerium*).

Il primo che vide qualche cosa simile nel 1645 e 1646 fu il Fontana, sulle osservazioni del quale però il suo con-

(1) Il Cerulli, nelle *pubblicazioni di Collurania*, 1900 (N. 3, p. 152) parlando delle rappresentazioni schematiche di massimi di ombra rispetto a Marte (n. 400) per mezzo di linee, cita alcuni esempi relativamente ad altri pianeti, tra i quali fa menzione anche del nostro *notabile disegno* del pianeta Venere. Non neghiamo che anche nel caso nostro certe illusioni ottiche abbiano potuto concorrere alla produzione di quelle apparenze straordinarie, ed è perciò, che le pubblichiamo con tutto il dovuto riserbo; rimane però da spiegarsi, perchè tutte le altre nostre osservazioni di Venere (e sono più di cento), sono immuni da simili allineamenti.

Digitized by Google

temporaneo P. Riccioli espresse già i suoi fondati dubbi (n. 470, nota 1), confermati anche dal fatto, che le fasi da esso disegnate sono non solo esagerate, ma addirittura il rovescio di ciò che erano veramente.

Ma anche **osservatori** più autorevoli, come Cassini a Parigi (1672 e 1686), il Short a Londra (1740), il Mayer a Greifswalde (1759); Lagrange a Marsiglia, Montaigne a Limoges, Scheuten a Crefeld, Roedkier a Copenhagen (tutti nel 1761), credettero d'aver veduto un satellite, di cui notarono anche la posizione (approssimativa). Nel 1764 parecchi astronomi dell'osservatorio di Copenhagen videro di nuovo la supposta lunula, osservata anche dal Montbarron in Auxerre. L'ultima osservazione di questo genere è registrata dall'astronomo danese Horrebow il 3 gennaio 1768, dopochè il P. Hell, di Vienna, in una pubblicazione particolare del 1766, aveva creduto poter ascrivere le osservazioni precedenti a semplici *riflessi falsi* nell'interno del telescopio e dell'occhio dell'osservatore e ciò tanto più, perchè in occasione del passaggio di Venere davanti al Sole (1761) egli aveva cercato invano di trovare qualche traccia del preteso satellite. (1)

490. — Lambert invece, dietro le indicazioni degli astronomi precedenti, calcolò **l'orbita** del preteso satellite, trovando pel medesimo la distanza media dal centro di Venere di 66 ½ raggi del pianeta insieme ad un tempo periodico della rivoluzione, uguale a 11 giorni e 5 ore. Basta dire però, che gli elementi così trovati (anche dopo la correzione di Schorr) darebbero per la massa del pianeta principale un valore quasi sette volte troppo grande, senza dire che dietro le effemeridi così calcolate è stato impossibile di ritrovare il satellite. Di più, di un passaggio del satellite davanti al Sole, preannunziato dallo stesso Lambert pel giugno 1777, non si vide nulla.

Per spiegare nondimeno le surriferite osservazioni, altri pensarono più tardi ai numerosi pianetini tra Marte e Giove, dei quali qualcheduno, con un moto proprio analogo, avrebbe forse potuto trovarsi allora presso il pianeta Venere. (2) Più

(1) *Ephemerides astronomicae.* Vindobonae 1766.

(2) Al tempo dell'osservazione di Roedkier (4 marzo 1761) il pianeta *Urano*, scoperto più tardi (I, n. 406). distava da Venere 16',5 soltanto.

Digitized by Google

probabile è però la spiegazione data da Paolo Stroobart (Bruxelles), trattarsi in quei casi di piccole stelle fisse, delle quali alcune, come per es. χ_3, χ_4 e 71 *Orionis* (delle grandezze rispettive 5,5-5-6), ϑ *Librae* (gr. 5,4), si sono potute identificare dietro le osservazioni registrate. (1)

Il fatto solo poi che i potenti strumenti moderni, che hanno scoperto molte altre lune piccolissime presso Marte, Giove, Saturno, ecc., finora non sono arrivati a scoprirne una presso Venere, prova abbastanza che quelle osservazioni antiche richiedono qualche altra spiegazione, quantunque rimanga possibile, che coi metodi perfezionati (fotografici) un giorno si scopra anche qualche satellite di Venere, che però in volume e massa sarebbe senza dubbio incomparabilmente minore della nostra Luna terrestre.

CAPITOLO V.

IL PIANETA MERCURIO (☿).

491. — Mercurio (Ἑρμῆς, Ἀπόλλων) tra i pianeti finora conosciuti è il più vicino al Sole ed (eccettuati i pianetini tra Marte e Giove) anche il più piccolo (n. 263), avendo esso un diametro reale di 4648 km., che equivale a 0,364 del diametro terrestre. La sua superficie, di 68 milioni km. quadrati, ed il suo volume, di 52 000 milioni km. cubi, equivalgono rispettivamente a 0,13 e 0,05 volte la superficie ed il volume della Terra. A cagione della variabile distanza dalla Terra e dell'eccentricità dell'orbita, il diametro apparente può variare da 4″,4 fino a 12″,2. La massa di Mercurio rappresenta soltanto 0,03 della massa terrestre, la densità, circa 0,7 della densità della Terra. Altre particolarità trovansi nella tavola generale (in fine di questa Parte III) rappresentante gli **elementi astrofisici** dei singoli pianeti (cf. I, n. 593).

In quanto alle fasi, al maggiore o minore splendore, alle elongazioni orientali ed occidentali che lo rendono ora stella *vespertina*, ora *mattutina*, Mercurio rassomiglia a Venere.

(1) *Astr. Nachr.* n. 2809.

Digitized by Google

Per la maggiore vicinanza però del Sole, esso rare volte emerge tanto dai raggi solari da diventare un oggetto cospicuo del cielo stellato; e per questa ragione, ad onta dello splendore, che gli procurò dai Greci il nome di Στίλβων (*brillante*), esso è, dei pianeti finora considerati, il meno conosciuto. Le stesse elongazioni dal Sole (per l'accennata eccentricità dell'orbita) sono variabili tra 17° e 29° con un valore medio di 23°, e con esse varia la visibilità del pianeta, la quale inoltre viene modificata dalla forte inclinazione (7°) dell'orbita all'ecclittica.(1)

Art. I. — Fasi, macchie e rotazione del pianeta.

492. — Le fasi di Mercurio furono scoperte parecchi anni dopo quelle del pianeta Venere, alle quali sono naturalmente del tutto simili. Il primo disegno delle medesime, conservatoci dal P. Riccioli,(2) è del già noto P. Zupi (n. 351) e porta

(1) Mercurio, veduto ad occhio nudo apparisce come una stella rossiccia di prima grandezza, simile ad Aldebaran (α *Tauri*) o Betelgeuze (α *Orionis*). Ognuno sa però che anche queste stelle brillanti sono poco cospicue in vicinanza del Sole, ossia nei crepuscoli della mattina o della sera. Così si spiega che prima dell'invenzione del telescopio il pianeta si sottraeva più facilmente alla sorveglianza degli osservatori, i quali perciò lo onorarono col titolo di astro versatile (come il liquido che porta lo stesso nome), di astro fallace (*sidus dolosum*) ecc. Lo stesso Copernico si lagna della scarsezza delle occasioni di vedere il pianeta (specialmente nelle regioni più nordiche); anzi Arago narra, non senza amplificazione poetica, che il grande astronomo ancora morendo abbia espresso il suo rammarico, di non avere mai veduto Mercurio. Cf. Müller, *Nicolò Copernico*, Roma 1902, cap. VII in fine.

Alle difficoltà dell'osservazione si aggiungono ancora quelle del corso eccentrico irregolare e perturbato, col quale Mercurio, dai tempi antichi fino ai giorni nostri si mostrò assai ribellante alle varie teorie astromeccaniche, di modo che non solo il maestro di Keplero, Mestlino, ma anche astronomi valenti moderni come Lalande e Le Verrier solevano dire, che l'astuto pianeta non serviva ad altro che a compromettere il buon nome degli astronomi. Cf. Wolf, *Geschichte der Astronomie*. München 1877, 532.

(2) *Almagestum Novum*, I, 484. — Si suole citare anche il Marius (n. 430) come scopritore delle fasi, che ne parlerebbe già nel 1612. Chi però legge le parole del medesimo, citate Kepl. *Op.* (ed. Frisch), II, 470, deve confessare che ivi non si allude ad altro se non che ad una maggiore o minore grandezza apparente del pianeta, simile a quella di Venere, la quale dimostra soltanto che esso sia illuminato dal Sole, donde teoricamente ed indirettamente seguirebbe l'esistenza delle fasi.

Digitized by Google

la data del 23 maggio 1639, quando Mercurio era stella vespertina. Si trovano però ivi citati altri osservatori come il Biancani (I. Blancanus S. J.), il Van den Hove (lat. *Hortensius*), i quali avrebbero veduto **Mercurio falcato** fino dagli anni 1630 e 1633. Essi osservarono probabilmente il pianeta vicino all'orizzonte, dove l'agitazione dell'atmosfera terrestre rende l'imagine telescopica della fase assai confusa e difficilmente riconoscibile, specialmente nei cannocchiali imperfetti di quell'epoca. Però anche osservazioni più moderne di Mercurio fatte per es. da Schröter, Mädler, Vogel, ecc., mostrano talvolta la fase osservata alquanto più piccola della (teorica) calcolata. Ciò sembra indicare la presenza di alte montagne, le quali colla loro ombra diminuirebbero la visibilità del circolo terminatore già assai irregolare; probabilmente per una simile ragione il corno australe apparisce qualche volta come troncato.

493. — Se fosse vera la ragione, che un'alta montagna, vicina al corno sud, producesse coll'ombra sua l'anzidetto fenomeno, e se questo fosse di breve durata e ricomparisse a periodi regolari, si avrebbe in ciò un mezzo abbastanza facile di accertare **la rotazione** del pianeta intorno ad un asse proprio, insieme agli elementi rispettivi (durata, posizione dell'asse, ecc.). Infatti Schröter, avendo osservato la cosa per la prima volta il 26 marzo 1800; rivide il fenomeno più volte, dopo intervalli regolari di tempo relativamente brevi, cioè di $24^h\ 5^m\ 30^s$. Fatte alcune riduzioni ne dedusse per la rotazione di Mercurio il periodo di $24^h\ 0^m\ 50^s,20$. Una macchia scoperta dall' Harding al medesimo osservatorio di Lilienthal, rimase visibile per ben 47 giorni (nel maggio e giugno 1801). Simile alle strisce da noi osservate in Venere (n. 487), essa sembrava indicare la posizione dell'equatore e con ciò l'inclinazione del medesimo all'orbita di circa 20°. Il nodo relativo si troverebbe probabilmente presso la longitudine di 70°.[1] Qui però ci troviamo di nuovo come nel caso di Venere davanti ad un risultato molto controverso.

(1) *Hermographische Fragmente*, p. 126. L'ultimo risultato circa il nodo non è dato dallo Schröter, ma segue dalle sue osservazioni se si ammette che il pianeta era presso il suo nodo ascendente il 1° giugno 1801. Cf. Houzeau, *Vade mecum*, 452.

Digitized by Google

494. — **Le macchie** che si osservano alle volte come ombre estremamente leggiere sulla superficie di Mercurio, colla loro apparenza fugace ricordano quelle di Venere (n. 470). Il lodato Schröter ebbe però l'impressione che esse visibilmente si spostassero da est verso ovest. Simili spostamenti furono segnalati da pochi altri astronomi anche ai giorni nostri, come per esempio dal Prince 1867, dal Brenner 1896, Mc Harg 1904, i quali ne deducono risultati poco differenti da quelli dello Schröter. Quello che si scosta di più è il Brenner, il quale pubblicando le sue osservazioni insieme con 22 disegni delle macchie osservate nel noto periodico di Kiel (*Astr. Nachrichten*, n. 3387), dice espressamente d'avere accertato *indubitatamente* lo spostamento successivo delle macchie (*die zweifellos festgestellte Vorwärtsbewegung der Flecke*), e che il periodo della rotazione del pianeta sembra compreso tra 33 e 35 ore, ad ogni modo non possa arrivare a parecchi mesi.

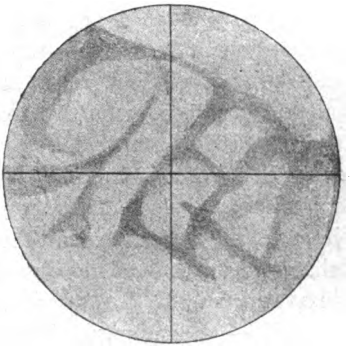


Fig. 124.
Mercurio secondo Schiaparelli.

Le ultime parole sono senza dubbio indirizzate al nostro Schiaparelli, il quale (come nel caso di Venere) dal 1889 sostiene come risultato delle proprie osservazioni, che il pianeta r u o t a l e n t i s s i m a m e n t e intorno al suo asse, e che il periodo d'una rotazione è uguale a quello della traslazione del medesimo intorno al Sole, cioè di 87 g i o r n i, 23 ore, 15 minuti, 44 secondi. L'asse stesso sarebbe pressochè perpendicolare all'orbita.

495. — Da un grande numero di osservazioni (150) **Schiaparelli** viene alla conclusione che le macchie osservate da un giorno all'altro, anzi da un periodo di traslazione all'altro, sulla superficie di Mercurio, mostrano una stabilità straordinaria, e che le principali di esse, raccolte in un disegno (Fig. 124), formano un s i s t e m a d i s t r i s c e a l l a r g a t e più o meno parallele. Il loro cambiamento lento, quasi insen-

Digitized by Google

sibile, suppone una **rotazione lentissima**, cosicchè il pianeta trasportandosi intorno al Sole, volta sempre lo stesso emisfero verso il medesimo; la parte opposta al Sole, restando in questo modo sempre all'oscuro, rimarrebbe per conseguenza anche a noi sulla Terra una volta per sempre invisibile. Mercurio rispetto al Sole si troverebbe quindi in una posizione simile a quella della Luna relativamente alla Terra; siccome però a cagione della librazione (n. 208) noi vediamo nondimeno quasi $\frac{5}{8}$ della superficie, così anche l'emisfero oscuro di Mercurio (la cui orbita è più eccentrica di quella lunare) sarebbe un poco diminuito per simile ragione. Schiaparelli osservò il pianeta di giorno, cioè col Sole sopra l'orizzonte, in tutte le sue fasi, specialmente negli anni 1882 e 1883, nei quali egli riuscì a seguire, col suo eccellente piccolo equatoriale di Merz (n. 373), il pianeta con una certa continuità per sette rivoluzioni sinodiche. Quello che indusse l'astronomo milanese a negare qualunque rotazione veloce, fu l'osservazione, molte e molte volte fatta, che le macchie vedute ad ore notabilmente differenti, anzi ad intervalli qualsiasi di parecchie ore della stessa giornata, ovvero di due giornate consecutive, presentavano sempre lo stesso aspetto. (1)

496. — Esaminando Mercurio in diverse rivoluzioni sinodiche (scrive Schiaparelli) ma in configurazioni simili rispetto al Sole ed alla Terra, l'aspetto delle macchie è generalmente ancora il medesimo; soltanto si nota per lo più qualche piccola diversità della loro posizione rispetto al circolo terminatore dell'ombra, la quale è dovuta alla *forte librazione* in longitudine rispetto al raggio vettore.(2) Dall'insieme però dei fatti osservati segue l'accennato **sincronismo** della rotazione

(1) Cf. *Astr. Nachrichten*, n. 2944, dove l'autore stesso pubblica sotto la data 15 novembre 1889 i risultati delle sue ricerche, da noi qui compendiate. Il ritardo della pubblicazione era dovuto al desiderio di Schiaparelli di verificare le sue osservazioni coll'equatoriale maggiore (ap. 49 cm.) stabilito nel 1886. L'imagine della fig. 124 offre l'aspetto telescopico, essendo orientata coi due assi secondo le coordinate equatoriali col polo Sud in alto; la proiezione ha i meridiani equidistanti.

(2) Il periodo di questa librazione è di 88 giorni; l'ampiezza totale il doppio della massima equazione del centro cioè 47° 21′. Nell'annessa figura 124 il centro indica quel punto dell'equatore che ha il Sole allo zenit negli istanti del perielio ed afelio.

Digitized by Google

del pianeta colla sua rivoluzione (siderale) intorno al Sole, cioè di **giorni 87,9693**.

L'asse di rotazione sembra perpendicolare al piano dell'orbita, benchè le osservazioni non escludano la possibilità di un'inclinazione di pochi gradi del piano equatoriale del pianeta a quello dell'orbita.[1] Calotte polari non furono notate da Schiaparelli; l'assenza però di ombre in quelle regioni rende i corni del pianeta più luminosi e si osserva anche qualche preponderanza di splendore circa il polo nord, la quale potrebbe essere la causa che il corno sud in confronto di esso apparisca talvolta più ottuso e come troncato (n. 492).

497. — Al **disegno** (Fig. 124) fatto dall'astronomo di Milano, non bisogna attribuire maggiore valore di quello che vuole l'autore stesso, il quale presentandolo dice espressamente, che non dissimula a se stesso la temerità del tentativo di voler dare con esso un'idea di forme e strisce così vaghe e mal definite, che nelle comuni circostanze, soltanto con molta fatica ed usando la più grande attenzione, si possono riconoscere. Il colore rosso-bruno di queste ombre poco suole distaccarsi dal fondo generale della superficie planetaria, la quale è di un colore roseo-chiaro declinante al cupreo.

L'indeterminazione dei contorni delle macchie sembra però piuttosto dovuta all'insufficienza del telescopio, che a causa oggettiva; imperocchè in certe rare occasioni di visione distinta, lo stesso Schiaparelli riuscì ad osservare una certa tendenza di quelle strisce a risolversi in una quantità di più minuti particolari (n. 377).

498. — I risultati di Schiaparelli furono generalmente accettati dagli astronomi.[2] Uno dei primi che li mise in dubbio

(1) Secondo Schiaparelli quest'angolo non può arrivare a 23° o 25°, come è il caso della Terra e di Marte, nè alla metà, forse neppure ad un terzo di questa quantità.

(2) L'unico però, di cui io sappia, che abbia *positivamente* confermato la rotazione lenta con proprie osservazioni, è l'astronomo americano Percival Lowell, il quale nel febbraio 1897 pubblicò un articolo nelle *Astr. Nachr.*, n. 3417, insieme con diciotto disegni del pianeta, nei quali dal giorno 8 ottobre all'8 novembre 1896 vide sempre le medesime configurazioni di strisce sulla superficie del pianeta. Questi disegni però si rassomigliano assai a quelli fatti di Venere, e siccome il Lowell dichiarò questi ultimi come risultato di illusioni ottiche (n. 483); si dovrà supporre

Digitized by Google

fu il già citato Brenner, il quale osservando nel 1896, vide non solamente **calotte polari** sul pianeta, ma riuscì anche parecchie volte (19 maggio) a vedere **la fase oscura** in una luce debolissima cinerea simile a quella di Venere (n. 468) insieme ad un'*aureola,* che rese visibile il lembo oscuro circa 60° oltre i corni. Brenner sostiene lo spostamento delle macchie (come lo richiede una rotazione di circa 30 ore) come accertato, protestando contro la spiegazione, data da altri, trattarsi di sbagli nei disegni o nell'identificazione delle macchie osservate. Certe divergenze tra i suoi disegni ed il planisferio di Schiaparelli si spiegherebbero con ciò che le 22 figure pubblicate dal Brenner (*Astr. Nachr.* 3387), sono direttamente osservate, mentre quello di Schiaparelli è una specie di mappamondo ossia una composizione di molti disegni fatti in tempi diversi. Ciò nonostante si riconosce una certa somiglianza della figura 125 [disegnata dall'astronomo di Lussinpiccolo 8 agosto 1896 alle ore 4, min. 5, t.m. E. C.] con quella di Schiaparelli.

Fig. 125.
Mercurio secondo Brenner.

A noi basta d'avere esposto al lettore l'una e l'altra sentenza. Per decidere la questione definitivamente ci vogliono nuove osservazioni competenti; sarebbe specialmente desiderabile che i grandi cannocchiali di Lick ecc. fossero adoperati per questa soluzione; il silenzio però, da quegli istituti finora osservato, parla già con una certa eloquenza sulla difficoltà del còmpito.

Art. II. — Costituzione fisica del pianeta.

499. — Attesi i dubbi sul periodo della rotazione e sulla posizione dell'asse di Mercurio, anche le **condizioni climatiche** della sua superficie saranno diversissime, secondochè l'una o

lo stesso dei presenti. Il Brenner inoltre dimostra (nel suo periodico *Astr. Rundschau*, IV, 66) che i detti disegni non sono altro che il risultato delle ondulazioni atmosferiche.

Dubbi sulla rotazione lenta, dietro osservazioni più recenti, furono anche espressi dagli astronomi Comas Solá (*Bulletin de la Société astr. de France*, XIV, 536) e dall'Antoniadi (*English mechanic*, LXXVI, 522).

Digitized by Google

l'altra ipotesi si trovi verificata. Se il pianeta volta sempre la stessa parte verso il Sole, questa sentirà senza intermissione, specialmente nelle regioni equatoriali, un calore intensissimo e, secondo le nostre idee, semplicemente intollerabile del Sole vicino,[1] mentre la parte opposta rimane sepolta in una notte perpetua, con un clima glaciale perpetuo. L'unica variazione sarebbe dovuta alla maggiore o minore distanza dal Sole nell'afelio e perielio, ed alla librazione che cagionerebbe nelle regioni vicino al circolo terminatore una periodica vicenda di levare e tramontare del Sole. L'astro del giorno però non descriverebbe un giro apparente sulla sfera celeste da est verso ovest, ma levandosi ora ad oriente, ora ad occidente, arriverebbe in 25, 6 giorni ad un' altezza massima di 23°,7 per abbassarsi poi di nuovo colla stessa lentezza verso l'orizzonte, sotto il quale rimarrebbe poi per un periodo altrettanto lungo.

Nell'ipotesi invece d'una rotazione di circa 24 ore, le condizioni sarebbero molto diverse e si rassomiglierebbero più alle nostre. La maggiore intensità della luce e del calore solare, non suppone necessariamente che sulla superficie del pianeta regni perciò una temperatura molto più elevata, che quella sperimentata sulla Terra. Tutto dipenderà dall'esistenza d'una atmosfera più o meno densa intorno al pianeta.

500. — L'esistenza di un'**atmosfera considerevole** viene comprovata dai chiarori osservati nella parte notturna del pianeta, dalle calotte polari, dalla fugacità delle ombre o macchie osservate, dalla irregolarità del circolo terminatore, e altri simili fenomeni. La stessa pallidezza del pianeta, in confronto dello splendore di Venere, fa supporre che una grande quantità della luce solare venga assorbita dall'atmosfera mercuriale.[2] Invero le righe telluriche di assorbimento osservate nell'atmosfera nostra (n. 482), sembrano ricevere un

(1) A cagione della maggiore vicinanza del Sole la quantità di luce e di calore ricevuta da una determinata area superficiale di Mercurio è circa sette volte maggiore di quella ricevuta da una superficie uguale della Terra.

(2) Nel settembre 1878 i due pianeti stavano così vicini che potevano essere osservati simultaneamente nello stesso campo del telescopio, ciò che rese vieppiù manifesta la detta differenza, secondo la quale l'albedine di Mercurio arriva soltanto ad $\frac{1}{6}$ o $\frac{1}{8}$ di quella di Venere (n. 469).

Digitized by Google

certo rinforzo nello spettro del pianeta. Per accertare meglio questa cosa, sarebbe necessario osservare lo spettro del pianeta in posizioni pressochè zenitali. Tale opportunità raramente si trova, ed inoltre vi si aggiungerebbe la difficoltà di dover fare l'osservazione di giorno.

La somiglianza che esiste tra le due atmosfere terrestre e mercuriale, viene confermata dalle macchie bianche osservate. Secondo Schiaparelli (l. c.) esse occorrono per lo più lungo il lembo del pianeta, dove sono talvolta splendidissime, ma non è cosa rara il vederne anche nelle parti interiori del disco, dove appariscono però meno chiare. Non pare troppo temerario il supporre (dice il lodato astronomo) che si tratti di condensazioni nell'atmosfera del pianeta, che da lontano presentano apparenze analoghe a quelle che da simile distanza deve mostrare l'atmosfera terrestre.

501. — Il **passaggio** del pianeta davanti al disco solare offre fenomeni simili a quelli già menzionati nei passaggi di Venere (n. 483). L'osservazione dei medesimi ha però piuttosto importanza per l'astromeccanica (I, n. 464) che per l'astrofisica. Keplero osservando nel 1607 una macchia solare, credette di assistere per la prima volta ad un tale passaggio (n. 269); egli predisse poi quello del 1631 che fu realmente osservato dal Gassendi in Parigi, otto giorni dopo la morte di Keplero. Quando il pianeta ha la sua congiunzione inferiore e trovasi allo stesso tempo vicino ai nodi (☊ o ☋) dell'orbita, esso si proietta sul disco luminoso del Sole, come un dischetto nero del diametro di circa 10″. All'ingresso ed all'uscita si osservano i già discussi fenomeni della goccia nera (n. 483); il transito stesso che dura circa 3 o 4 ore, sarebbe anche il tempo propizio a scoprire un satellite del pianeta, il quale anch'esso potrebbe proiettarsi come un puntino nero sul fondo del Sole. Finora però non si è scoperto nulla di certo,[1] ad onta della frequenza di cotali passaggi di Mer-

(1) L'osservazione di un certo A. Scheuten, in Crefeld (Renania), che dice d'aver veduto in tale occasione una piccola luna di Mercurio, è rimasta senza conferma. La macchietta luminosa osservata da L. Kropp (Paysandú, Uruguay) sul disco oscuro del pianeta durante il passaggio del 10 novembre 1894 (*Astr. Nachr.*, n. 3290) sarà probabilmente dovuta a riflessi falsi nell'interno del telescopio.

Digitized by Google

curio, dei quali la figura 126 fa vedere quelle del secolo passato (XIX). Essi (come quelli dei due secoli precedenti) accaddero tutti nei mesi di maggio e di novembre, e ciò a cagione della posizione attuale dei nodi dell'orbita mercuriale. L'ultimo passaggio ebbe luogo il 10 nov. 1894; i due prossimi accadranno il 14 nov. 1907 e 7 nov. 1914. La diversa inclinazione delle linee nella figura è dovuta all'inclinazione inversa nei nodi dell'orbita; imperocchè i passaggi del mese di novembre hanno luogo presso il nodo ascendente (☊), quelli di maggio presso il nodo discendente (☋).[1]

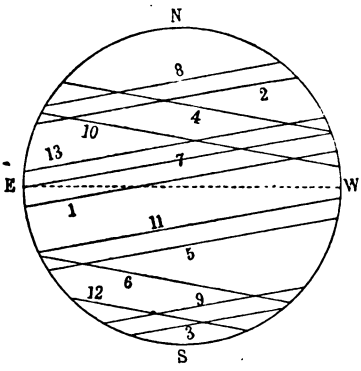


Fig. 126. Passaggi di Mercurio davanti al Sole

502. — Il P. Secchi, che osservò al Collegio Romano il passaggio del 12 nov. 1861, rileva alcuni punti importanti per l'astrofisica: 1° La grande nerezza del pianeta sul disco solare, che non avea nessuna proporzione con quella che è propria dei nuclei delle macchie (n. 288); 2° La debolezza della luce dell'orlo

(1) I numeri indicano la successione dei varî passaggi, cioè:

1) 9 nov. 1802	6) 8 maggio 1845	11) 8 nov. 1881
2) 12 nov. 1815	7) 9 nov. 1848	12) 10 maggio 1891
3) 5 nov. 1823	8) 12 nov. 1861	13) 10 nov. 1894
4) 8 maggio 1832	9) 5 nov. 1868	
5) 7 nov. 1835	10) 6 maggio 1878	

Esaminando gli intervalli successivi delle varie date, si trova facilmente, che dopo un periodo di 46 anni (simile a quello del *Saros*, I, n. 509) i passaggi del pianeta si succedono nello stesso modo; poichè 46 anni, ossia 46 traslazioni della Terra intorno al Sole, equivalgono sensibilmente a 191 rivoluzioni di Mercurio. Siccome però l'uguaglianza dei giorni 16 801,72 e 16 802,13 non è perfetta, dopo 46 anni la corda, descritta dal pianeta, apparisce un poco spostata in quei di novembre verso Nord (come vedesi nella figura), in quei di maggio verso Sud. Un periodo più lungo di 217 anni (901 rivoluzioni di ☿) è più approssimativo, e quindi lo spostamento meno sensibile. Simili periodi valgono naturalmente per le altre apparenze del pianeta ed hanno perciò anche un certo interesse per l'Astrofisica.

Digitized by Google

solare, indubitatamente dovuta all'assorbimento dell'atmosfera solare; 3° Egli fu inoltre sorpreso dall'estrema precisione, colla quale il dischetto nero nell'uscire dal Sole al contatto interno ruppe l'ultimo tenuissimo filetto di luce, senza verun ritiro subitaneo nè verun salto. Le punte restarono acutissime e contigue e vennero separandosi progressivamente al procedere del pianeta, conservando le loro corna taglienti ed ad angolo acuto finchè non fu uscito il centro; dopo il qual momento l'angolo divenne ottuso, ma le cuspidi non furono spuntate. Tanta fu in quell'occasione la tranquillità dell'aria che si potè continuare a vedere il pianeta fino all'ultimo distacco dal Sole, quando appena un piccolissimo segmento intaccava il lembo solare.(1)

COROLLARIO. — IL PRETESO PIANETA INTRAMERCURIALE.

503. — Vi sono ragioni non spregevoli per l'ipotesi che Mercurio non sia il pianeta più vicino al Sole, ma che nell'interno dell'orbita mercuriale esista ancora qualche pianeta (forse anche più di uno) che giri indipendentemente intorno al Sole. Siccome **Le Verrier** dalle perturbazioni di Urano dedusse teoricamente l'esistenza di un pianeta ulteriore (Nettuno, I, n. 409), così lo stesso astronomo dalle perturbazioni dell'orbita di Mercurio credette poter concludere l'esistenza d'un pianeta intramercuriale. Vedendo cioè che il perielio di Mercurio, nel suo spostamento secolare eccede di 38″ il valore dovuto all'attrazione dei pianeti conosciuti, egli argomentò l'esistenza di qualche altra massa celeste nell'interno dell'orbita del pianeta. Sfortunatamente i dati nel caso di Mercurio non erano così completi come in quello di Urano, per la qual ragione Le Verrier non potè indicare, se non con qualche tenue probabilità, la posizione del supposto pianeta perturbatore, la cui

(1) Se non ostante queste condizioni propizie, l'ultimo contatto fu osservato allo stesso osservatorio con cinque secondi di differenza dall'assistente P. Rosa, ciò si spiega forse dal riscaldamento dell'aria rinchiusa nei due telescopi (Merz e Cauchoix) adoperati, per la quale causa il Secchi in una nota suggerisce di adoperare *tubi a giorno*, formati di verghe separate (I, n. 207) *Memorie del Coll. Rom.*, Serie nuova, vol. II, 1860-63, p. 64 sgg.

Digitized by Google

massa sarebbe tanto più considerevole, quanto più esso si supponga lontano da Mercurio ossia più vicino al Sole. Se per esempio la massa problematica si trovasse tutta riunita in un globo alla distanza media 0,17 dal Sole, essa sarebbe semplicemente uguale allo stesso Mercurio. La massima elongazione di un cotal pianeta dal Sole arriverebbe a 10°, ma a tale distanza esso difficilmente sarebbe rimasto inosservato per tanti secoli. Se il pianeta è più lontano dal Sole, esso sarebbe anche più facilmente visibile ad onta del suo volume minore; se invece è più vicino al Sole e quindi più grande di Mercurio, esso farebbe i suoi passaggi regolari ben osservabili sul disco solare.

504. — Queste considerazioni (secondo Le Verrier) rendono alquanto improbabile l'esistenza di un corpo unico; ma forse vi saranno parecchi pianeti, forse una serie di **pianetini intramercuriali**, simili a quelli tra Marte e Giove (I, n. 407), le masse minuscole dei quali, sommate insieme, potrebbero cagionare quelle perturbazioni; specialmente se tra essi vi siano alcuni più grandi. L'unico mezzo però di scoprire tali pianetini, fuori del tempo delle eclissi totali solari, sarebbe la diligente sorveglianza dei cosidetti *pori*, che si vedono sul Sole (n. 286).[1]

Dato così l'avviso generale sul modo di scoprire qualcheduno di quei corpi problematici, non mancarono osservatori che si dedicarono a questo genere di ricerche. Vi furono pure degli annunzi di scoperte fatte, le quali però non riuscirono mai a trovare credito universale. L'osservazione più attendibile sembrava quella del medico francese **Lescarbault**, il quale vide (26 marzo 1859) un punto nero sul disco solare descrivere nel breve tempo di 1 ora e 18 min. una corda (simile a quelle dei passaggi, fig. 126), 15″,3 distante dal centro del Sole.

505. — Lescarbault notificò a Le Verrier d'aver notato non solamente la grandezza della macchietta perfettamente rotonda, d'un diametro di circa $^1/_3$ di quello di Mercurio (os-

(1) Il prof. Newcomb avvertì fin dal 1884 che anche l'ipotesi d'un anello di materia più densa nelle regioni equatoriali del Sole stesso potrebbe forse rendere ragione delle perturbazioni di Mercurio. Cfr. *Astr. Nachr.*, n. 2594.

Digitized by Google

servato nel passaggio 8 maggio 1845), ma eziandio i tempi rispettivi dell'ingresso ed egresso ed i punti rispettivi di contatto col disco solare. Le Verrier credette perciò di avere ora dati sufficienti per determinare l'orbita del nuovo pianeta, al quale diede il nome di **Vulcano**. Vulcano compiendo una rivoluzione intorno al Sole in 19,7 giorni, doveva al tempo della sua massima elongazione allontanarsi circa 8° dal Sole. Il diametro apparente (supponendo la stessa densità come quella di Mercurio) indicava una massa $^1/_{17}$ minore di ☿, la quale però per sè sola sarebbe insufficiente a spiegare tutte le perturbazioni osservate; anzi ci vorrebbero una ventina di corpi simili alla stessa distanza per soddisfare il problema. Si cominciò allora ad esaminare di nuovo i disegni anteriori delle macchie solari per accertare possibilmente altri simili passaggi di qualcheduno dei supposti pianetini, ma senza risultato decisivo.(1)

La stessa osservazione del Lescarbault diventò assai dubbia dopo che un altro osservatore francese, Liais, direttore delle misure geodetiche nel Brasile, che aveva osservato il Sole alla stessa ora (indicata da quello), dichiarò di non aver veduto nulla di straordinario (*Astr. Nachr.*, n. 1248). Le ricerche fatte dietro i vari calcoli di Le Verrier nell'occasione di varie eclissi totali dal 1860 in poi, rimasero anche senza risultato,(2) come

(1) R. Wolf, professore in Zurigo, raccolse non meno di venti osservazioni di corpi oscuri osservati dal 1761 al 1865 sul disco solare, differenti dai soliti *pori solari* (*Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie*. Zürich 1871, Band II, 327). Tutta questa serie fu poi discussa dallo stesso Le Verrier (Vol. LXXXIII, *des Comptes rendus de l'Académie des Sciences*) e più tardi dal Tisserand (*Annuaire du bureau des longitudes pour l'an 1882*, p. 729 sgg.).

(2) L'astronomo americano Watson, conosciuto come uno degli scopritori più fortunati dei pianetini tra Marte e Giove, in occasione dell'eclisse totale del 29 luglio 1878, ricercando diligentemente il pianeta intramercuriale, vide una stella di IV grandezza, soltanto 2° distante dal Sole, alla posizione A. R. $8^h\ 27^m\ 24^s$, Decl. 18° 16′ (presso ♋ *Cancri*), di colore rossiccio e d'un diametro sensibile. Una seconda simile si trovava all'A. R. $8^h\ 9^m\ 24^s$, Decl. 18° 3′.

Un altro astronomo americano, il noto Swift, scopritore di parecchie comete, vide anche egli un astro sospetto di V grandezza presso la stella da lui riconosciuta per ♋ *Cancri*. L'astro sconosciuto si trovava secondo il medesimo all'A. R. $8^h\ 26^m\ 40^s$, Decl. 18° 30′ 35″. Altri os-

Digitized by Google

pure un passaggio preannunziato di Vulcano sul Sole pel 22 marzo 1877.

Oramai è passato quasi mezzo secolo dopo le indagini fatte inutilmente; e nondimeno i passaggi di simili corpi sul disco solare (sorvegliato ogni giorno in più di un luogo) dovrebbero essere più frequenti di quelli di Mercurio stesso, anche nel caso d'una forte inclinazione dell'orbita problematica. Sembra quindi quasi esclusa la probabilità d'un pianeta considerevole; rimane però quella di più corpi celesti più piccoli.

CAPITOLO VI.

IL PIANETA URANO (♅)

506. — Avendo passato in rivista i pianeti antichi (☿♀♂♃♄), cioè conosciuti fin dall'antichità, ora ci rivolgiamo ai pianeti trovati col telescopio, il primo dei quali scoperto dall'Herschel (1781) fu chiamato Urano (I, n. 406), Quanto più però ci allontaniamo dal nostro luogo di osservazione (♁), tanto più ardue diventano le nostre ricerche astrofisiche, ed altrettanto più scarso sarà il frutto delle medesime.

Dagli **elementi** (astromeccanici, I, n. 593) si vede che Urano compie il suo giro intorno al Sole in una vasta ellisse, il semiasse maggiore della quale (di 2867 milioni di km.) è 19 volte maggiore della distanza media della Terra dal Sole, e quasi il doppio di quella di Saturno. Per una rivoluzione siderale ci vogliono $30686,_{82}$ giorni, cosicchè lo spostamento annuo del pianeta tra le stelle fisse è assai lento.

servatori occupati in simili ricerche nella medesima eclisse (ed erano non pochi) non videro niente di simile. Considerando le difficoltà del momento, anche queste osservazioni solitarie lasciano dubbi fondati di qualche equivoco, e non bastano a decidere la questione, se non vengono rinforzate da qualche nuova osservazione simile.

Per togliere in futuro tali dubbi, il signor Todd ha fatto la proposta che sulla striscia lunga percorsa sulla Terra dall'ombra, parecchi osservatori si mettano in comunicazione telegrafica, affinchè se uno scopre qualche astro sospetto possa indicare la posizione all'altro, affine di verificarla e di determinarla con precisione maggiore.

Digitized by Google

Veduto nel telescopio Urano si presenta come un dischetto verdastro pallido d'un diametro di circa 4″, che nondimeno a quella distanza suppone un diametro reale di 52 810 km. (più di 4 volte più grande del diametro terrestre), e ciò un volume ben 71 volte maggiore del volume della Terra.(1) Attesa però la massa solamente 14 volte maggiore, la densità media comparata con quella del nostro globo (♁) arriva a $^2/_{10}$ soltanto, cioè (1,1) quasi uguale a quella dell'acqua (1,0).

Art. I. — Nozioni astrofisiche.

507. — Macchie, o piuttosto ombre leggiere, furono osservate sul piccolo disco dagli astronomi Buffham (1870), Schiaparelli, Young (1883), Perrotin (1884 e 1886), Brenner (1896). Il primo credette di poter dedurre dallo spostamento delle medesime una **rotazione** del pianeta intorno all'asse proprio di circa 12 ore, l'ultimo invece sostiene un periodo più breve di ore 8,278. Il prof. See deduce da considerazioni più generali un periodo di $10^h\ 6^m\ 40^s,32$.

La determinazione della posizione dell'asse viene alquanto facilitata dall'apparente **depressione polare** di circa $^1/_{10}$, osservata direttamente da vari astronomi, la quale da sè sola indicherebbe già una rotazione piuttosto veloce. La figura ellittica del disco apparente si osserva più facilmente quando la Terra trovasi presso uno dei nodi dell'equatore di Urano (probabilmente coincidente con quello delle orbite dei satelliti), come fu il caso alla fine del 1881.

Strisce parallele (Fig. 127), simili a quelle da noi scoperte sul pianeta Venere (n. 487), furono osservate dai fratelli Henry nel 1884. Supponendo che esse siano parallele all'equatore Q Q′ del pianeta, questo avrebbe un' inclinazione di circa 32 gradi al piano dell'eclittica E W, col quale coincide presso a poco il piano dell'orbita, facendo l'uno coll'altro un angolo di soli 46′. Il cambiamento delle stagioni, in

(1) Un occhio buono vede il pianeta anche senza l'aiuto del telescopio come una stelletta di VI grandezza. Per vedere il disco apparente nel cannocchiale e distinguere con ciò il pianeta dalle stelle fisse ci vuole un ingrandimento di almeno cento volte.

Digitized by Google

quanto verrebbe cagionato dalla detta inclinazione, non sarebbe molto differente da quello della Terra.[1]

508. — Assai diversa sarebbe la successione delle stagioni, se l'equatore del pianeta (come vedemmo nel caso dei pianeti finora considerati) coincidesse sensibilmente col piano L L′ delle orbite dei satelliti; perchè allora esso farebbe un angolo quasi retto col piano dell'orbita del pianeta, e una tale disposizione toglierebbe pressochè ogni differenza dei climi. Vi sarebbero due stagioni nell'anno uranico, nelle quali il Sole si alzerebbe verticalmente sulle regioni polari, ora (nell'estate) sul polo sud, ora (nell'inverno) sul polo nord. I giorni si prolungherebbero rispettivamente, cioè il cosidetto giorno perpetuo, come la notte perpetua, che da noi durano ciascuna un mezzo anno (I, n. 42), ivi avrebbero la durata di 42 anni terrestri. Da ciò i cambiamenti di temperatura, della vegetazione, delle vicende meteorologiche, sarebbero fortissimi, in modo da rendere la vita organica impossibile quando già il Sole stesso a tale distanza avesse non poca influenza sulla medesima. Veduto da quella distanza l'*astro del giorno* avrebbe un diametro 19 volte più piccolo di quello che apparisce a noi sulla Terra, e per conseguenza la luce solare ivi sarebbe diminuita 361 volte (essendo $19^2 = 361$); anche col Sole allo

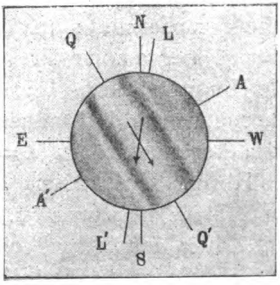


Fig. 127. Urano secondo Henry.

(1) La figura nostra indica colla linea L L′ la posizione del piano delle orbite delle lune di Urano, relativamente al piano dell'eclittica E W; e la freccia corrispondente indica il loro moto retrogrado (davanti al disco planetario). A A′ indicherebbe l'asse di rotazione e la sua posizione relativamente all'asse NS (Nord–Sud) dell'eclittica. Le strisce equatoriali per sè non dicono niente sul senso della rotazione del pianeta, il quale però ruota probabilmente non in senso contrario al moto traslatorio dei satelliti; anzi, secondo le osservazioni del Deslandres, osservazioni spettroscopiche, proverebbero direttamente la cospirazione dei due moti, indicata nella figura dalle frecce incrociate. Quindi la rotazione stessa del pianeta non potrà dirsi retrograda, essendo l'angolo che formano le due rette Q Q′ ed E W minore di 90°.

Digitized by Google

zenit gli abitanti d'un tale mondo si troverebbero in una luce piuttosto crepuscolare se non in una notte perfetta.

509. — **Lo spettro** di Urano, con alcune strisce di assorbimento, indica sufficientemente la presenza di un'atmosfera considerevole intorno al pianeta. Esso è stato esaminato specialmente dall'Huggins (1871), dal P. Secchi (1872) e dal Vogel (1874), e più recentemente dal Lockyer e Keeler. Tutti confessano la difficoltà di vedere le linee ordinarie di Fraunhofer, e ciò a cagione della luce debole del pianeta, che non permette una fenditura abbastanza ristretta, almeno per l'osservazione diretta. La fotografia però ne ha prodotto un buon numero. Le strisce oscure sono troppo confuse a permettere la determinazione delle sostanze che le producono; una però nel rosso ($\lambda = 618$ $\mu\mu$, n. 54) coincide esattamente colla rispettiva striscia oscura osservata nello spettro dei pianeti Giove e Saturno (n. 454). J. N. Lockyer credette nel 1889 di dover considerare quelle strisce oscure come semplici intervalli in uno spettro di emissione diretta.[1] Se ciò fosse vero, cioè se il pianeta fosse invero dotato di incandescenza tale da produrre un tale spettro, esso dovrebbe trovarsi in uno stadio di sviluppo cosmologico assai diverso da quello de' suoi pianeti compagni finora considerati. Osservazioni posteriori, fatte con mezzi più perfezionati dal Keeler all'Osservatorio Lick, non hanno confermata l'opinione del Lockyer; invece fu constatato che 5 o 6 delle strisce osservate non trovano riscontro nello spettro dei pianeti finora discussi, ciò che accennerebbe a qualche sostanza diversa esistente nell'atmosfera uranica.

Art. II. — I quattro satelliti di Urano.

510. — La cosa più notevole rispetto ai quattro satelliti di Urano scoperti (I, n. 410) da W. Herschel (1787)[2] e da

(1) *Astr. Nachr.* nn. 2904 e 2927.

(2) W. Herschel oltre i due satelliti (*Titania* ed *Oberon*) credette d'avere scoperto altri quattro satelliti, uno cioè tra i due nominati, uno tra Titania ed il pianeta, gli altri due oltre Oberon, donde per circa 50 anni invalse l'opinione, Urano avere sei satelliti. Questi quattro satelliti però non si sono mai più riveduti, neppure cogli strumenti moderni. Las-

Digitized by Google

W. Lassell (1851), è la forte **inclinazione** delle loro orbite al piano dell'orbita planetaria, già segnalata nella figura 127. Mentre le orbite dei satelliti trovansi sensibilmente in uno stesso piano comune, che ha il suo nodo ascendente (☊) relativamente all'eclittica alla longitudine di 166°, l'inclinazione di questo piano (98°) sorpassa l'angolo retto e per conseguenza il moto dei satelliti (diversamente dai casi finora studiati) è un **moto retrogrado**, cioè un osservatore collocato sul pianeta ed avente il polo Nord dell'eclittica allo zenit vedrebbe i satelliti pel loro moto proprio spostarsi tra le stelle fisse da sinistra verso destra.(1)

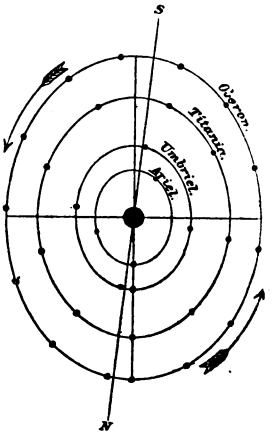


Fig. 128. I satelliti di Urano.

Una conseguenza ulteriore di cotale disposizione delle orbite dei satelliti si è che noi le proiettiamo, nelle varie posizioni del pianeta principale relativamente alla Terra, in modo assai diverso sul fondo del cielo. Presso i loro nodi le orbite appariranno come ellissi assai eccentriche (come per es. negli anni 1880, 1923, ecc.), mentre 90° distanti dai punti nodali (1901, 1945) sembrano circoli quasi perfetti. Il **moto appa-**

sell invece ne scoprì due altri (*Ariel* ed *Umbriel*), diversi da quelli indicati dall'Herschel.

I nomi furono dati dallo stesso Lassell; secondo la vicinanza al pianeta si succedono I Ariel, II Umbriel, III Titania, IV Oberon.

(1) Come è stato spiegato nell'Astromeccanica (I, n. 596), l'inclinazione si misura non semplicemente indicando l'angolo (minore) che fanno i due piani, che nel caso nostro sarebbe di 82° soltanto; ma tenendo conto della direzione del moto del corpo nel nodo ascendente; si chiama *diretto* questo moto, se il corpo muovesi nello stesso senso delle longitudini crescenti, che sarà il caso fino ad un'inclinazione di 90°; continuando il computo dell'inclinazione nello stesso verso, un angolo maggiore di 90° indica longitudine decrescente e quindi moto *retrogrado*. Non sarà necessario avvertire che il detto moto *reale* (retrogrado) non è da confondersi col moto *apparente* (retrogrado) che osserviamo nei pianeti a cagione del moto della Terra intorno al Sole (I, n. 316).

Digitized by Google

rente si farà poi in un senso o inversamente secondochè noi ci troviamo dall'una o dall'altra parte del piano.

Le effemeridi astronomiche sogliono annualmente pubblicare le figure rispettive per facilitare l'osservazione. La figura nostra 128 rappresenta l'aspetto telescopico (inverso) del 1893, relativamente al circolo di declinazione N S (nord-sud). I punti di ciascun' orbita indicano lo spostamento giornaliero del rispettivo satellite, cominciando dal semiasse maggiore diretto verso nord. Il globetto nero centrale rappresenta il pianeta colle dovute proporzioni.

511. — Attese le difficoltà di osservare quelle piccole lune a distanze così enormi, le nostre cognizioni sulla loro **costituzione fisica** sono necessariamente molto limitate. Le misure fotometriche, fatte dal Pickering, assegnano a *Titania* ed *Oberon* le grandezze medie apparenti $14{,}6_5$ e $14{,}8_1$; donde, supponendo la loro albedine (n. 438) identica a quella di Urano, seguirebbero per la grandezza reale dei loro diametri i valori di 942 e 875 chilometri. Il grande equatoriale di Lick mostrò continuo lo spettro dei due esteriori satelliti, senza particolari di sorta. La massa complessiva di tutti e quattro arriva appena a 1 : 15 000 in confronto con quella del pianeta.

Le rivoluzioni dei satelliti intorno ad Urano coi loro periodi mostrano un rapporto notevole.[1] Quello cioè che segue nella serie delle distanze compie il suo periodo quasi in un tempo doppio del precedente, ovvero più precisamente: rivoluzioni 5347 del I equivalgono a 3252 del II, a 1548 del III, a 1001 del IV; essendo $5347 - 3252 - 2 \times 1548 + 1001 = 0$.

Concludiamo col seguente specchietto dei satelliti di Urano:

Satelliti	Rivoluzione siderea	Distanza media = raggi ♁	Grandezza
I Ariel	$2^d\ 12^h\ 29^m\ 21^s{,}1$	190 600 chm. = 7,72	XVI
II Umbriel . .	4 3 27 37,2	265 600 chm. = 10,76	XVI
III Titania . . .	8 16 56 29,5	435 400 chm. = 17,65	XIV
IV Oberon . . .	13 11 7 6,4	582 300 chm. = 23,60	XV

(1) *Astr. Nachr.*, n. 3516.

Digitized by Google

CAPITOLO VII.

IL PIANETA NETTUNO (♆)

512. — **Nettuno** segna, almeno finora, il limite esteriore del nostro sistema solare.(1) Se sono scarse le notizie intorno ad Urano, lo sono ancora molto più per questa pallida stelletta di settima grandezza, visibile ad occhio nudo soltanto a pochi uomini dotati di vista straordinaria. Nel telescopio si vede un piccolo dischetto del diametro di circa $2''$. Siccome per vederlo ci vogliono forti ingrandimenti, gli strumenti di mediocri dimensioni lo mostrano pallido, con contorni mal definiti, come circondato da un inviluppo nebuloso. Ciononostante il globo di Nettuno è considerevolmente più grande del nostro globo terrestre, avendo un diametro quasi 4 volte più grande del diametro della Terra, e quindi un volume circa 55 volte maggiore. La massa però è soltanto 17 volte quella della Terra, perciò la densità supera appena (1,7) quella dell'acqua (1). In tutto ciò come pure nel colore (verdastro) e nelle particolarità spettrali, Nettuno rassomiglia al pianeta vicino Urano. Il padre Secchi chiama quel colore una bella tinta d'acqua di mare, accennando alla somiglianza che lo spettro ha con alcune comete e colle stelle d'un tipo (III) determinato.(2)

513. — **La rotazione** del pianeta non si è potuta accertare finora. Maxwell Hall(3) credette di poter dedurre un periodo di circa 8 ore da certe variazioni della luminosità,

(1) L'interessante scoperta teorica del pianeta, fatta da Le Verrier ed Adams, verificata poi da Galle ed Airy, è stata descritta nell'Astromeccanica (I, n. 409); una descrizione più particolareggiata trovasi nell'Astronomia del Littrow-Weis, *Wunder des Himmels*. Il nome *Janus*, proposto dal Galle per quest'ultimo membro del sistema planetario, non trovò l'approvazione di Le Verrier per la ragione che non era provato per niente che Nettuno fosse veramente l'ultimo dei pianeti giranti intorno al Sole. Il nome attuale *Nettuno* fu suggerito dal *Bureau des longitudes* di Parigi.

(2) *Bulletino Coll. Rom.*, 1869, p. 81.

(3) *Monthly Notices*, March 1884.

Digitized by Google

osservate nel dicembre 1883. Il dottor Müller però, che eseguì all'osservatorio di Potsdam un gran numero di misure fotometriche del pianeta negli anni 1878, '81, '82, '83, non osservò mai variazioni d'una grandezza intera, come l'Hall dice d'avere osservato; molto meno indicano le osservazioni un periodo regolare (di 8 ore). È vero che il Müller non fece osservazioni in quel mese (dic. 1883), nel quale il Maxwell Hall determinò l'accennato periodo, e non rimane quindi escluso, che allora vi sia stata qualche eruzione luminosa sul pianeta o qualche somigliante catastrofe. Sembra però poco probabile che essa abbia avuto un grado tale d'intensità da poter alzare la luminosità del pianeta stesso d'una grandezza intera.(1) Tuttavia il periodo di rotazione, secondo le dotte deduzioni del prof. See (*Astr. Nachr.*, n. 3992) sarebbe non tanto differente dal suddetto, cioè di $12^h\ 50^m\ 53^s,4$.

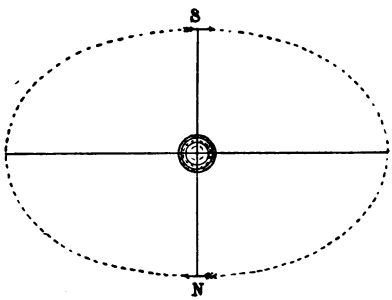


Fig. 129. Nettuno col suo satellite.

514.—Il satellite di Nettuno, scoperto (17 giorni dopo il pianeta principale) il 7 luglio 1847 da Lassell, si osserva più facilmente in telescopi anche mediocri (ap. 20 cm.) che non i satelliti interiori di Urano. Stelletta di XIV grandezza, esso può allontanarsi $16'',3$ dal pianeta, alla quale elongazione corrisponde un semiasse maggiore dell'orbita poco eccentrica, di 3630 km. In soli giorni 5, ore 21,044, egli compie la sua rivoluzione siderale. La cosa più notevole è il moto decisamente retrogrado essendo l'orbita 119° inclinata al piano dell'eclittica. La figura 129 mostra la presente proiezione (1905) della medesima sulla sfera celeste, veduta in un telescopio astronomico e riferita al circolo di declinazione N S. Il globetto interiore rappresenta il pianeta colle dovute proporzioni. Osservazioni continuate del satellite per parecchi anni hanno mostrato che il piano dell'orbita sulla linea dei nodi

(1) *Astr. Nachr.*, n. 2600. Anche il Pickering non ha potuto constatare verun periodo regolare nelle sue misure fotometriche di Nettuno.

Digitized by Google

si sposta lentamente, cambiando pure un poco la sua inclinazione relativamente al piano dell'orbita planetaria; ed in ciò trovasi una prova indiretta non solamente della depressione polare di Nettuno stesso, ma anche della forte inclinazione che il piano equatoriale del pianeta deve avere con quello dell'orbita del satellite. Osservando quindi per molti anni, o meglio per alcuni secoli, lo spostamento di quest'orbita, si potrà teoreticamente dedurne la posizione dell'equatore nettuniano, essendo il nesso dei due piani simile a quello dell'eclittica e dell'equatore terrestre, il quale produce la nota precessione degli equinozi (I, n. 439).

COROLLARIO. — PIANETI ULTRANETTUNIANI.

515. — Le Verrier (n. 512, nota) non volle che, nemmeno col nome da darsi al pianeta Nettuno, fosse accennato che questo sia l'ultimo dei pianeti circolanti intorno al Sole. Sebbene non si osservino perturbazioni nei moti di Nettuno, sufficienti a determinare la posizione probabile d'un tale corpo celeste, vi è un altro metodo di arrivare a qualche conclusione pratica intorno al sospettato pianeta. L'esistenza cioè e la disposizione di parecchi afelii di comete, suggerisce l'idea che quelle comete siano possibilmente state catturate ed annesse al nostro sistema solare da qualche grosso pianeta ultranettuniano, come altre sembrano essere state catturate dal pianeta Giove (I, n. 636). [1] Le ricerche però del nuovo pianeta sono più difficili e penose che quelle degli asteroidi tra Marte e Giove (I, n. 407), a cagione del moto (apparente) lentissimo d'un pianeta in quelle regioni estreme del nostro sistema solare.

L'astronomo americano D. P. Todd, indipendentemente dal Forbes e con metodo diverso, determinò la zona celeste, probabilmente occupata dall'orbita problematica, la quale, per la coincidenza con quella del Forbes, [2] merita particolare conside-

(1) L'idea fu discussa dall'astronomo scozzese G. Forbes, *On comets and ultra-neptunian planets.* Observatory III, 1880, p. 439.

(2) Todd, esaminando i residui delle perturbazioni di Urano, non spiegati dalle osservazioni di Nettuno, aggiungendone i residui di Nettuno, non spiegati dall'attrazione di Urano, venne alla conclusione che Urano doveva essere in congiunzione col pianeta sconosciuto tra il 1780 e 1795 e che una nuova congiunzione accadrebbe circa la fine del secolo XIX. L'orbita congetturata inclinata 1° 24′ all'eclittica, col suo nodo ascen-

Digitized by Google

razione. Todd volle dipoi personalmente esaminare con grande diligenza e minutezza tutta quella zona sospetta per un'estensione di 40°, col grande equatoriale (ap. 26 pollici) di Washington dal principio del novembre 1877 al marzo 1878. Egli notò anche una serie di oggetti più o meno sospetti, che pubblicò poi nel 1885 (per verificazione) nel periodico *Astronomische Nachrichten* (n. 2698), senza però arrivare ad un risultato definitivo.

CAPITOLO VIII.

I PIANETINI TRA MARTE E GIOVE.

516. — Il primo giorno del secolo XIX (1 genn. 1801), fu memorabile nella storia delle scoperte astronomiche, perchè l'astronomo palermitano Piazzi (Teatino) scoprì Ceres, il primo membro di quella grande schiera di pianetini che trovansi tra Marte e Giove (I, n. 407), **il numero** dei quali col finire del medesimo secolo era già arrivato a 500, ed in conseguenza dei nuovi metodi fotografici di scoperte (n. 19), va ancora sempre aumentando.[1] Accennando ai problemi astro-

dente a 103°, sarebbe percorsa dall'astro incognito in 375 anni, con un moto medio diurno di 9″,46. La longitudine del pianeta verso il 1877 al 1884 doveva essere di 170° ± 10°. L'astro stesso sarebbe in apparente grandezza inferiore alla XIII con un diametro apparente di circa 2″.

(1) Il Rendiconto astronomico del 1904 (*Astron. Jahresbericht*, VI, 287) fa già menzione del numero (521), dopo il quale vi è ancora una lunga serie di circa 70, con nomenclatura alfabetica provvisoria, che aspettano il loro numero definitivo.

Oltre il numero definitivo della scoperta si vuole dare ancora un nome particolare a ciascun asteroide. Seguire in ciò certi principii, stabiliti da principio, è diventato sempre più difficile. Essendo quasi esaurito l'olimpo della mitologia greco-latina, alla quale appartengono i nomi di *Ceres* (1), *Pallas* (2), *Juno* (3), *Vesta* (4) ecc. si cominciò a perpetuare la memoria del luogo della scoperta (paese o città): indi i nomi *Massalia* (20), *Lutetia* (21), *Europa* (52), *Asia* (67), *Ausonia* (63), *Tolosa* (138), *Vindobona* (231), *Heidelberga* (325) ecc.

Si fecero allusioni ad avvenimenti contemporanei, guerreschi con *Bellona* (28) o pacifici con *Concordia* (58), *Liberatrix* (125) ecc. o a persone principesche, come *Victoria* (12), *Eugenia* (45), *Isabella* (210), *Stephania* (220), *Augusta* (254) ecc. Anche la mitologia di altre nazioni ha

Digitized by Google

meccanici, connessi col laborioso calcolo delle molte orbite (I, n. 594), indicammo pure il modo di nomenclatura che si usa per essi. Fu notata anche (I, n. 595), l'eccezione finora unica di Eros (433), il quale colla maggior parte dell'orbita entra nell'interno dell'orbita di Marte, avvicinandosi con ciò alla Terra più di qualunque altro corpo celeste (dopo la Luna);[1] tutti gli altri pianetini suoi compagni trovansi in quella regione tra Marte e Giove, dove già Keplero, poi di nuovo Titius (I, n. 404) ed altri sospettarono la presenza di uno o più astri di natura planetaria.

517. — Lo spazio neppure ci permette di dare una lista completa dei membri che compongono ora la grande famiglia di questi cosidetti **Asteroidi**, i quali neppure nei telescopi mostrano un **diametro** misurabile, ma si presentano (come le stelle fisse) come tanti punti più o meno luminosi.[2] Soltanto il quarto nell'ordine della scoperta, cioè Vesta (4), al tempo dell'opposizione arriva alla luminosità apparente di una stelletta di VI grandezza, e diventa quindi visibile ad occhio nudo. Gli altri sono di minore splendore e colla minore grandezza apparente (VII, VIII, IX, X, XI) cresce generalmente il numero degli individui. Il Barnard, per mezzo del grande rifrattore di Lick, riuscì a misurare direttamente i diametri di *Ceres* (1), *Pallas* (2) e *Vesta* (4) trovandoli per l'unità di distanza (☉—♁) di 1″,115 — 0″,675 — 0″,536 ossia di km. 804 — 486 — 386

fornito i loro nomi, come *Freia* (76), *Thusnelda* (219), *Brunhilda* (123). Di nomi, come *Una* (160), *Urda* (167), *Elsa* (182), *Bianca* (218) ecc. i nominatori sapranno rendere ragione. Generalmente parlando si è conservato l'uso, da principio osservato, di adoperare soltanto nomi femminili. Il solo *Eros* (433) per la sua eccezionale posizione ne fa eccezione.

(1) *Eros* ha una distanza media dal ☉ di 1,458; mentre quella di Marte è 1,520; si avvicina quasi del doppio più alla Terra, che non fa il pianeta Venere al tempo de' suoi passaggi sul Sole; donde il pianetino si presta assai per una precisa determinazione della parallasse solare (I, n. 463).

Un altro pianetino di orbita eccezionale (1901, *H. N.*) fu scoperto fotograficamente dal dottor Stewart, 14 agosto 1901; sfortunatamente le osservazioni non bastano a calcolarne l'orbita, più eccentrica di tutte le altre, colla desiderabile precisione. Cfr. *Astr. Nachr.*, n. 3757.

(2) Il nome (ἀστεροειδὴς = *simile a stelle*) fu proposto da W. Herschel, al quale sembrò poco conveniente di onorare quei corpi minuscoli col nome di *pianeti*. K. Littrow, per indicare la posizione tra Giove e Marte propose il nome generico *Zenareidi* (Ζεύς Ἄρης).

Digitized by Google

rispettivamente. (1) Per fare una stima approssimativa dei diametri minori, si ricorre alla **fotometria**. Supponendo cioè che il loro potere riflettente (*albedo*, n. 438) abbia un valore medio di quello dei pianeti maggiori,(2) e facendo inoltre la supposizione (in sè poco probabile), che essa sia la medesima per tutti i pianetini, si viene alla conclusione che i minori corpi del sistema hanno appena un diametro di una diecina di chilometri.

518. — La questione sull'**origine degli asteroidi** è connessa con quella dell'origine di tutto il sistema planetario di cui fanno parte. Ma supposto questo sistema già abbastanza sviluppato, si cercò di sciogliere la domanda, se questi corpi minuscoli non siano forse i residui d'una catastrofe, per la quale un pianeta maggiore, una volta girando in quelle regioni intorno al Sole, si sia spezzato in altrettanti frammenti. L'idea si suggeriva da sè per la prima volta, quando il Gauss, che aveva calcolato gli elementi di *Ceres* e *Pallas*, trovò che questi due corpi celesti col tempo arrivano a passare vicinissimi uno all'altro, e ciò sulla linea d'intersezione delle orbite rispettive. Se un buon numero degli altri fosse passato per la medesima linea, l'ipotesi avrebbe acquistata maggiore probabilità. Si trovò invero che anche *Juno* e *Vesta* soddisfacevano a quelle condizioni. Sfortunatamente però la lunga lista dei pianetini scoperti più tardi è poco favorevole alla detta ipotesi. Già i primi quaranta, scoperti dal 1801 al 1857, esaminati dal Newcomb in questo rispetto, non ammettono tale spiegazione, neppure tenendo conto delle molteplici perturbazioni da essi subite da parte dei pianeti maggiori (♃ e ♄) nei tempi susseguenti alla supposta catastrofe. (3)

519. — La **massa complessiva** di tutta la schiera (benchè le scoperte non siano ancora terminate) non arriva alla quarta

(1) Il diametro di *Juno* (3) non potè essere determinato (per circostanze particolari) colla desiderata precisione, egli sembrava poco differente da quelli di *Pallas* e *Vesta*.

(2) Secondo il prof. Müller di Potsdam l'albedine dei pianeti maggiori è la seguente:

☿	♀	♂	♃	♄	♅	♆
0,64	3,44	1,00	2,79	3,28	2,73	2,36

(3) Più probabile dell'ipotesi predetta è un'altra non meno ardita, indicata dal Le Verrier, che i detti corpuscoli stiano ancora oggi in uno stadio di formazione e diventino così man mano visibili.

Digitized by Google

parte della massa terrestre. Una massa tale cagionerebbe perturbazioni, specialmente nell'andamento del pianeta vicino Marte, che non potrebbero sfuggire all'osservazione. Considerando che per la formazione d'un corpo uguale al volume della Luna, si richiederebbero circa un milione dei pianetini più piccoli, come sono quelli che si scoprono ancora ai giorni nostri, e che la massa lunare è soltanto $^1/_{80}$ della massa terrestre, si ammetterà facilmente la nostra conclusione, ad onta della possibilità di altre scoperte future.

La massa dei singoli pianetini è troppo piccola a cagionare perturbazioni vicendevoli di qualche importanza; supponendo nei maggiori *Ceres*, *Pallas*, *Vesta* la stessa densità, come qnella della Terra, la loro massa avrebbe alla terrestre i rispettivi rapporti di 1 : 130 000, 1 : 420 000, 1 : 20 000. Anche lo scambievole ravvicinamento di quei corpi celesti non è tanto quanto si crederebbe a prima vista, essendo la zona celeste da essi occupata abbastanza grande. Basta riflettere che per es. le orbite di *Thetis* (17) e *Bellona* (28), due delle più vicine l'una all'altra, hanno ancora sempre una distanza ben dieci volte maggiore di quella della Luna dalla Terra.

520. — Nessuno dei pianetini finora scoperti ha un moto (veramente) retrogrado. Tutti compiono la loro rivoluzione, come i pianeti maggiori nella zona zodiacale da ovest verso est. Sono anche pochi quelli che hanno un'**inclinazione** considerevole al piano dell'eclittica, come per es. *Pallas* (2) con circa 35°, *Euphrosyne* (31) con 26°, *Gallia* (148) e *Aethra* (132) con 25°, *Niobe* (71) ed *Electra* (130) con 23°; grandissimo è invece il numero di quelli che sono pochissimo inclinati al piano dell'eclittica, come per es. *Medusa* (149), *Massalia* (20), *Garumna* (180), *Themis* (24), *Geraldina* (300) che hanno una inclinazione minore di 1°; come *Alice* (291), *Phaëtusa* (296), *Roxane* (317), *Euterpe* (27), *Angelina* (64), che non arrivano a 2°; come *Anahita* (270), *Agatha* (228), *Urania* (30), *Hestia* (46), *Aegina* (91), che si trovano tra 2° e 3° ecc.

Proiettando **i poli** delle varie orbite sulla sfera celeste si forma intorno al polo dell'eclittica una nube rotonda di punti geometrici con un massimo di densità, non vicino al polo dell'eclittica, ma piuttosto a quello poco distante dell'orbita del pianeta Giove. Questo fatto solo, indicato dall'in-

Digitized by Google

gegnere Glauser (*Astron. Nachr.*, n. 2794) mostra la preponderanza del pianeta gigante Giove nelle perturbazioni, alle quali sono soggetti gli asteroidi; anzi si vede in esso una tendenza spiccata dei nodi orbitali, a raggrupparsi sotto quest'influenza di Giove.

521. — **La rotazione** dei pianetini intorno ad un asse proprio può essere accertato solamente per mezzo della fotometria. Vi sono infatti parecchi tra essi, per es. *Iris* (7), *Eunomia* (15), *Bettina* (250) ecc, i quali mostrano una certa variabilità periodica di luminosità, la quale, se non indica una rotazione del pianetino variopinto intorno ad un asse proprio, dovrà essere interpretata come indizio di parecchi corpi giranti uno intorno all'altro. Un esempio interessante fornisce il già celebre pianetino **Eros**. Le moltissime osservazioni fatte del medesimo dopo la sua scoperta 1898, rilevarono la considerevole variabilità dell'asteroide, il quale, nel breve periodo di 2 ore e 22 minuti mostra un massimo ed un minimo di splendore, che lo fanno apparire ora come una stelletta di IX ora di XI grandezza. Se la grande differenza fosse dovuta a macchie, queste dovrebbero essere assai oscure e raggruppate in un emisferio; se fosse dovuta ad un secondo corpo girante intorno al primo, l'albedine di questo dovrebbe essere assai differente da quella dell'altro. Forse l'ipotesi più probabile sarà questa, che Eros non è perfettamente globulare, ma un corpo irregolare, con varie facce riflettenti, il quale compie un giro intorno all'asse proprio in 2 ore e 22 minuti.[1]

(1) Il prof. Seeliger, esaminando l'ultima ipotesi (*Astr. Nachr.*, n. 3701) la trova anche più consentanea alla specie di orbita, che *Eros* percorre, la quale sembra il risultato di una collisione del medesimo con un altro asteroide. Una rocca irregolare rotante richiederebbe neppure quella stabilità dell'asse di rotazione che si osserva nei corpi globulari. Gli elementi di *Eros* calcolati dal prof. Millosevich (*A. N.* 3609) per l'epoca 1900 ottobre 31,5 t. m. Berlino, sono i seguenti (I, n. 595):

M	=	304°	23′	59,7″	$\mu = 2015'',12740$
π	=	121	9	22,0	$\log a = 0{,}1638027$; periodo $643^d,14$
ω	=	177	38	41,6	$e = 0{,}2229106$
Ω	=	303	30	40,4	$m = 9{,}7$; $g = 10{,}6$
i	=	10	49	38,9	distanza perielia 1,1331
φ	=	12	52	48,2	» afelia 1,7832

Digitized by Google

522. — Tavola di varie Costanti del sistema planetario.

Pianeti	Diametro equatoriale apparente alla ☉ minimo	Diametro equatoriale apparente alla ☉ massimo	Diametro equatoriale apparente al ⊕	Diametro equatoriale reale chilometri	Diametro equatoriale reale diametri ☉	Superficie Milioni di chilom. quadrati	Superficie superficie ☉	Volume Bilioni di chilom. cubi	Volume Volumi di ☉
☿	4,″4	12″,2	16″,6	4 648	0,364	68	0,13	0,052	0,05
♀	9,7	62,2	23,2	12 106	0,949	459	0,90	0,926	0,86
☉	—	—	—	12 755	1,000	510	1,00	1,083	1,00
♂	3,5	24,4	17,7	6 742	0,529	142	0,28	0,160	0,15
♃	30,3	49,4	6,1	140 630	11,030	59 332	116,3	1359	1255
♄	15,3	21,2	37,5	122 150	9,580	44 224	86,7	874	867
♅	3,5	4,2	17,7	52 810	4,140	8 471	17,1	77	71
♆	2,2	2,3	3,8	48 500	3,800	7 389	14,5	60	55

523.

Pianeti	Massa ☉ = 1	Densità ☉ = 1	Densità Acqua = 1	Rotazione siderea	Peso di 1 chg.	Caduta dei gravi in 1 sec.	Luce e Calore solare	Satelliti	Particolari (2)
☿	0,03	0,69	3,80	24^h (?) (1)	0,25	1,23	6,674	—	491
♀	0,79	0,93	5,12	24 (?)	0,88	4,32	1,911	—	465
☉	1,00	1,00	5,52	$23^h\ 56^m\ 4^s$	1,00	4,91	1,000	1	86
♂	0,10	0,70	3,89	24 37 23	0,37	1,83	0,431	2	350
♃	308	0,25	1,36	9 55 36	2,54	12,44	0,037	7	413
♄	93	0,12	0,63	10 14 24	1,00	4,91	0,011	10	440
♅	14	0,20	1,10	10 6 40	0,83	4,06	0,003	4	506
♆	17	0,31	1,70	12 50 53	1,17	5,72	0,001	1	512

(1) Secondo Schiaparelli Mercurio farebbe una rotazione in circa 88 giorni, Venere in 225.

(2) I numeri di questa colonna rimettono ai rispettivi paragrafi del testo.

Digitized by Google

PARTE QUARTA

FISICA STELLARE

CAPITOLO I.

LA SCINTILLAZIONE DELLE STELLE

ART. I. — FENOMENI GENERALI DELLA SCINTILLAZIONE.

524. — Tra le **particolarità fisiche** delle stelle fisse ve n'è una che più di ogni altra colpisce l'occhio dell'osservatore, conosciuta da tempi remotissimi sotto il nome significante di scintillazione delle stelle. In una notte serena, specialmente in tempo d'inverno (quando il freddo è intenso), le stelle sembrano lanciare i loro raggi a lampi intermittenti d'una luce ora più viva ora più fiacca, ora bianca, or verde, or rossa. Ognuna di esse apparisce come un diamante scintillante, che si specchia nei colori spettrali d'un Sole nascosto; tutto il cielo stellato sembra trasformato in una cupola gigantesca, tempestata di infinite gemme brillanti, che col loro scintillio superbo rapiscono l'osservatore, quantunque indifferente. Spettacolo è cotesto grandioso ed incantevole, contemplare quelle migliaia di faci celesti che risplendono da tutte le parti sui campi sterminati della sfera immensa del cielo. Svariatissime per grandezza e colore, alcune di esse brillano di luce amena e tranquilla, altre vibrano i loro dardi luminosi con impeto e a momenti interrotti, quasi durassero fatica ad aprirsi il varco attraverso gli spazi immensi che li separano da noi; tutte sembrano fare a gara di raddolcire con la loro luce e bellezza l'oscurità silenziosa della notte.

525. — Lasciando le descrizioni più o meno poetiche ai letterati, l'astronomo cerca la **causa fisica** del fenomeno, la quale, ad onta dei molti secoli di osservazioni, non è così manifesta, come a prima vista potrebbe sembrare. Il fatto che la

Digitized by Google

scintillazione segue in generale le condizioni e le variabilità dell'atmosfera terrestre, mette fuori di dubbio che essa, in gran parte, non è dovuta alla costituzione fisica delle stelle medesime, ma al passaggio della luce attraverso gli strati della nostra atmosfera terrestre. Più vivace presso l'orizzonte, la scintillazione diminuisce coll'altezza della stella; ad altezze uguali essa si manifesta tanto più, quanto le onde trasparenti dell'atmosfera sono più agitate da forti venti o simili cause di squilibri straordinari. Il fenomeno della scintillazione, visibile ad occhio nudo, non scomparisce nel telescopio; l'immagine telescopica della stella, invece di apparire come un punto luminoso, si mostra come un globetto diffuso, formato dall'apparente sovrapposizione di vari punti continuamente spostati, come se il telescopio fosse leggermente scosso.

Per rendersi conto della natura del fenomeno e conciliare le apparenti contradizioni che trovansi in vari autori intorno alla scintillazione degli astri, secondo il parere nostro, fa d'uopo distinguere tre aspetti diversi, sotto i quali essa si presenta; potremo cioè distinguere una **triplice scintillazione**, la scintillazione dinamica, cromatica e parallattica.

526. — Scintillazione dinamica chiamiamo l'apparente variazione momentanea dell'intensità (δύναμις) della luce d'una stella, per la quale la medesima stella in momenti successivi splende di una luce più o meno vivace, rapidamente percorrendo la scala delle varie grandezze. Essa è, generalmente parlando, comune a tutte le stelle, secondo le varie condizioni atmosferiche e secondo le altezze rispettive sopra l'orizzonte.

Scintillazione cromatica potremo chiamare la variazione non meno rapida del colore (χρῶμα) d'una stella. Di questa parla Keplero, quando dice che alcune stelle, come Sirio (α *Canis maj.*) ed Arturo (α *Bootis*), percorrono continuamente tutti i colori dell'iride; che in altre stelle, come per es. in Antares (α *Scorpii*) ed Aldebaran (α *Tauri*), la scala dei colori percorsi è più ristretta, e la rapidità della successione assai diversa; altre stelle invece, come Vega (α *Lyrae*), ritengono sempre più o meno lo stesso colore. Una differenza simile esiste, secondo Keplero, tra i vari pianeti. Mentre, per es., Saturno mostra sempre una luce tranquilla quasi cinerea, Venere scintilla in vari colori fulgentissimi.

Digitized by Google

Scintillazione parallattica potrà chiamarsi l'apparente spostamento (παράλλαξις) della stella intorno ad una posizione media, pel quale essa sembra scorrere con maggiore o minore velocità intorno a quel posto, appunto come una scintilla intorno a materia infiammabile. L'apparente escursione può essere così grande, che la stella faccia dei veri salti, ora verso destra, ora verso sinistra, ora in alto, ora in basso. Tale fenomeno si osserva specialmente nelle regioni basse dell'atmosfera, dove la fluttuazione dell'aria (coi vapori e polviscoli aerei) è più completa e la rifrazione dei raggi luminosi può farsi più facilmente in tutti i sensi (I, n. 258).

527. — La **causa principale** della scintillazione è senza dubbio la rifrazione atmosferica, la quale, a cagione della rotazione terrestre, è soggetta a continue variazioni. Ruotando cioè l'involucro atmosferico insieme colla Terra, mentre le stelle osservate restano allo stesso posto, i raggi luminosi rispettivi che entrano nella pupilla dell'occhio attraversano ad ogni momento un cilindretto lunghissimo di aria diversa, composto di infiniti stratarelli, più o meno paralleli, di densità diversa. Impurità esistenti nell'atmosfera (polvere, nubecole, condensazioni locali) si frappongono da un'istante all'altro in maggiore o minore quantità fra l'occhio dell'osservatore e l'astro; ed ecco una prima causa della variabile intensità della luce, ossia della *scintillazione dinamica*. Il continuo variare delle varie inclinazioni degli strati elementari dell'atmosfera cagiona, in secondo luogo, una rifrazione irregolare dei raggi, e con ciò una vera dispersione della luce, dimodochè, invece di un punto luminoso netto e preciso, si vede un punto con raggi scintillanti ora più da uno, or più da un altro lato: ecco la causa principale della *scintillazione parallattica*. Le molteplici rifrazioni dei raggi luminosi, oltre la deviazione, producono anche la decomposizione della luce, la quale, continuamente variando in direzione ed intensità, conduce ora piuttosto i raggi di un colore (p. e. rosso) all'occhio, ora un altro (p. e. azzurro), e da ciò nasce la *scintillazione cromatica*.

528. — Stabilita così la causa principale del fenomeno, non è difficile assegnare la parte alle **cause secondarie** che lo modificano, tra le quali le agitazioni dell'aria per forti venti,

Digitized by Google

o simili squilibrii straordinari di temperatura e di densità negli strati atmosferici prendono naturalmente il primo posto (n. 141 e 167). Siccome questi squilibri si manifestano meno nelle regioni tropiche che nelle latitudini più alte, meno nell'estate che nell'inverno, la scintillazione è minore nelle regioni e nelle stagioni anzidette; siccome le rifrazioni irregolari si fanno tanto più sentire, quanto un astro scostandosi dallo zenit, più si avvicina all'orizzonte, la scintillazione suole essere maggiore nelle regioni basse dell'atmosfera che nelle regioni alte (zenitali). Anche l'esistenza di finissimi cristallini nell'atmosfera favorisce senza dubbio la scintillazione delle stelle. Come di giorno essi cagionano le apparenze già descritte degli aloni, pareli ecc. (n. 161), così di notte coi varii riflessi essi servono a rinforzare la scintillazione delle stelle, anzi a produrre certe pulsazioni nell'illuminazione generale del cielo. Così si spiega anche il fatto che attraverso le aurore polari le stelle appariscono più scintillanti (n. 148).

529. — L'**elemento soggettivo**, cioè la qualità dell'occhio dell'osservatore, specialmente nelle osservazioni ordinarie, fatte ad occhio nudo contribuisce a variare il fenomeno della scintillazione; secondo il nostro parere perfino la visione simultanea con due occhi conferisce alquanto ad aumentare il medesimo. A persuadersene basta guardare una stella attraverso i vetri ordinarii d'una finestra, collocandosi ad una certa distanza dalla medesima; si osserverà un continuo scintillare (specialmente dinamico della stella) e questa diversità di splendore si fa più manifesta quando si chiude successivamente ora l'occhio destro, ora il sinistro; anzi vi saranno dei momenti, nei quali uno degli occhi non vede la stella affatto, mentre l'altro la vede benissimo. Quello che fa qui la lastra di vetro con pareti (irregolarmente) parallele, lo fanno nell'aria gli stratarelli continuamente varianti. Un occhio (miope) male accomodato alla distanza delle stelle vede inoltre invece d'un punto luminoso un dischetto simile a quello che vedesi in un cannocchiale coll'oculare non bene accomodato. Anzi un telescopio con oculare così disposto può servire per distinguere i varii gradi di scintillazione. Se la stella non scintilla, il dischetto splende di una luce tranquilla ed uniforme, se scin-

Digitized by Google

tilla, si vedono punti o parti più o meno lucide in continuo moto sopra di esso. Le palpebre compresse dell'occhio possono pure cagionare dei riflessi falsi, che sembrano aggiungere una specie di raggiera artificiale alla stella. Anche il cosidetto Daltonismo, ossia la cecità parziale di un occhio individuale per certi colori, può modificare il fenomeno specialmente della scintillazione cromatica. Un occhio affetto di tale morbo non vede per esempio l'estremo rosso dello spettro; degli altri colori scorge soltanto due regioni sfumate, una dal rosso al verde, che chiama « *giallo* », l'altra « *azzurra* ».

530. — Il grado della scintillazione, in particolare quella della scintillazione cromatica, dipende pure dalla luce particolare della stella, come osservò già Keplero (l. c.), o meglio dallo **spettro della stella.** Osservando certe stelle, con scintillazione cromatica per mezzo d'un semplice binocolo, dando un moto di oscillazione circolare al binocolo, si vede la stella descrivere una linea circolare luminosa, simile a quella d'un tizzone ardente agitato in giro. Nel caso però della stella si osserva una cosa curiosa: l'anello cioè non è di uniforme luminosità, ma mostra dei nodi regolarmente disposti per il suo circuito; anzi questi nodi brillano talvolta nei varii colori spettrali in un modo sorprendente, mostrando nel binocolo la stella come un diadema di perle e di diamanti, scintillanti nei colori più brillanti. Con questo semplice artifizio, da noi adoperato con successo, si ottiene che il fenomeno della scintillazione cromatica, da quello di pulsazioni successive si trasformi in uno (più facilmente controllabile) di tinte, schierate l'una presso l'altra.

Art. II. — Scintilloscopi e scintillometri.

531. — Lo spettroscopio stellare (n. 63) forma già per sè un apparecchio a controllare la scintillazione delle stelle in un modo più preciso. Il P. Secchi notò, fin dalle prime sue ricerche sugli spettri delle stelle, che guardando una stella vicina all'orizzonte, mentre le righe spettrali restavano sensibilmente immobili al loro posto, grandi **ondate luminose** percorrevano lo spettro intero, indebolendo e rinforzando successivamente tutti i colori. La direzione delle onde non era sempre la stessa,

Digitized by Google

ma diversa secondochè la stella trovavasi verso levante o verso ponente, ovvero secondochè la posizione dello spettro stesso era verticale od orizzontale. La legge formulata dal Secchi stesso dice: che le onde vanno *dal violetto verso il rosso*, se la stella trovasi a levante; dal *rosso al violetto* quando essa sta a ponente, essendo indifferente quale colore sia superiore od inferiore nelle posizioni indicate. La direzione delle onde s'incrocia con quella dello spettro, se la posizione di questo non è verticale, ma orizzontale.[1]

532. — In quanto all'**origine** di dette onde, il Secchi ricorda, che l'atmosfera terrestre presso l'orizzonte fa l'ufficio d'un prisma, producendo uno spettro ben misurabile, benchè assai minore di quello dello spettroscopio. Veduto ad occhio nudo il rosso di codesto spettro aereo sta in basso, il violetto in alto; il telescopio astronomico inverte l'ordine. Lo spettro naturale dell'aria si sovrappone a quello artificiale dell'apparecchio, allungandolo ovvero accorciandolo, secondochè l'ordine dei colori è identico ovvero inverso. Se i due spettri fanno un angolo (più o meno retto) ne risulta uno spettro disposto per la diagonale, come lo sogliono produrre due prismi, disposti ad angolo retto.

Lo spettro aereo soffre continue variazioni di intensità luminosa e di tinte, per le quali esso apparisce ora più lungo, ora più corto, ora a dirittura interrotto. **La direzione** delle fluttuazioni, da ciò nascenti nello spettro risultante, sembra dovuta al trasporto dell'aria, sia quello ordinario della rotazione terrestre, sia quello straordinario, cagionato dai venti. Secondo il Respighi la prima causa deve considerarsi come la principale ed ordinaria, la seconda come accidentale ed accessoria.[2]

533. — Per la **rotazione della Terra**, insieme coll'atmosfera, una stella a ponente si abbassa in apparenza, e con ciò cresce l'effetto della rifrazione atmosferica, si alza lo spettro aereo camminando verso il violetto; una stella a levante si

(1) Secchi, *Le Stelle*, saggio di Astronomia siderale. Milano 1877, p. 123. Nota però il ch.mo autore, che la legge così enunciata ammette delle eccezioni, quando l'aria è straordinariamente agitata.

(2) Cfr. *Atti* dell'Accademia Pontif. dei Nuovi Lincei, voll. XXI e XXII, 1868, 1869.

Digitized by Google

alza invece, scemando con ciò la rifrazione, lo spettro si abbassa, camminando verso il rosso. Se l'aria fosse immobile, osserva bene il P. Secchi, questo movimento si farebbe con continuità rigorosa, ma per le oscillazioni dell'aria si fa a salti; onde avviene, che sospeso per un istante in una fase dell'onda, viene poi spinto più rapido nella seguente, e così si produce quel moto progressivo irregolare di sopra notato.

Allo zenit l'oscillazione dell'aria è meno percettibile. Invece delle ondate luminose testè descritte, si osservano ivi nello spettro stellare strie longitudinali, le quali sembrano dovute alla diffrazione dell'imagine telescopica, sformata dalla lente cilindrica (n. 66) dello spettroscopio. Tali lenti hanno due fochi lineari diversi che stanno ad angolo retto, e mentre l'oculare è accomodato ad uno di essi, l'altro produce quelle strie diffuse coll'ingrandimento della diffrazione. Come una stella, osservata fuori del foco del telescopio, mostra un'imagine diffusa e continuamente agitata, così quelle strie sembrano soggette a continue fluttuazioni.

534. — **Uno scintillometro** più perfezionato è stato costruito dall'osservatore belga C. Montigny.[1] Una lastra circolare di vetro, dello spessore di circa 6 millimetri, e del diametro di 47 mm., fissata nel centro sopra un asse girevole, viene collocata nell'interno del telescopio, vicino al foco, tra l'obiettivo e l'oculare. Essendo la lastra inclinata (73°) al detto asse (il quale sta parallelo all'asse ottico del telescopio), i raggi che la attraversano (e con essi il vertice del cono formato dai medesimi) vengono spostati lateralmente. Il foco si forma a lato del foco ordinario; se si dà poi una conveniente rotazione alla lastra intorno all'asse centrale, l'angolo di incidenza dei singoli raggi varia continuamente, producendo un anello luminoso nel campo del telescopio. Quest'anello ben distinto splende di una luce monocromatica, tranquilla ed uniforme, se la stella non scintilla; ma se la stella scintilla, esso sembra composto di nodi luminosi variotinti, essendo diviso in archi di colori diversi assai vivaci, i quali cambiano però continuamente di posto.

(1) *Note sur un nouveau scintillomètre.* Bruxelles 1864. Questa ed altre comunicazioni del citato autore sullo stesso soggetto trovansi nei *Bulletins de l'Académie de Belgique.*

Digitized by Google

Un micrometro bifilare ordinario, che divide il cerchietto luminoso in vari archi, permette di misurare, o almeno di stimare con maggiore precisione, la lunghezza relativa d'un archetto particolare, controllandosi con ciò più facilmente la variabilità del fenomeno nelle varie circostanze. Un contatore speciale indica quanti giri vengono compiuti dalla lastra in un minuto secondo; combinando il numero di questi con quello degli archetti osservati, si deduce che il cambiamento dei colori arriva a farsi fino a 50 e 70 volte per secondo.

535. — Fin dal 1856 C. Dufour, assiduo osservatore della scintillazione delle stelle, avea formato le seguenti tre leggi, che portano perciò il nome di **leggi di Dufour**:

I. Le stelle rosse scintillano meno che le stelle gialle, e queste meno delle stelle bianche;

II. A varie altezze sull'orizzonte la scintillazione è proporzionale al coefficiente della rifrazione astronomica, moltiplicato per la traiettoria percorsa dal raggio luminoso nell'atmosfera terrestre;

III. Aumentando il diametro dell'astro, la scintillazione diminuisce.

Il Montigny trovò queste leggi, stabilite dietro osservazioni fatte ad occhio nudo, confermate in generale dal suo scintillometro. Riducendo dietro la II legge le proprie osservazioni, fatte in diverse altezze (da 18° a 40°) relativamente alla medesima stella, all'altezza normale di 60°, egli ottenne risultati assai vicini, anche nel caso che i numeri osservati variassero del doppio o triplo. La I legge, confrontata coi tipi spettrali delle stelle (dei quali tratteremo nel capitolo seguente), mostra l'indubitabile nesso, che esiste tra la scintillazione ed i colori predominanti della stella. Le stelle cioè, lo spettro delle quali presenta un sistema marcato di linee e zone oscure, la luce delle quali perciò mostra delle lacune più sensibili nella dispersione spettrale, scintillano meno delle altre, che mostrano o righe molto fine, o righe nere in piccolo numero.

536. — **Arago** attribuì la scintillazione all'interferenza dei raggi d'una medesima stella, i quali arriverebbero all'occhio per vie alquanto diverse. Passando attraverso strati d'aria di ineguale densità, gli uni si rallenterebbero facilmente di mezz'onda sopra gli altri, donde le onde rispettive di una certa lunghezza

Digitized by Google

verrebbero a interferire, rimanendo visibili quelle dei colori complementari. Distruggendosi, per es., il rosso, rimane il verde ecc. Per spiegare poi il fatto che le stelle rosse scintillano meno delle altre, l'autore di questa ingegnosa teoria rileva, che le onde rosse sono più lunghe delle altre e che per conseguenza la loro interferenza richiede perturbazioni atmosferiche più forti. La spiegazione più probabile invece sta in ciò che la rifrazione, e con ciò la dispersione della luce stellare monocromatica, è molto minore di quella della luce bianca e quindi l'intercettazione dei varii colori meno variabile e meno sensibile.

Corollario I. — Nutazione delle stelle.

537. — La scintillazione da noi chiamata *parallattica* può diventare così notevole, che l'imagine stellare nell'occhio subisca veri spostamenti sensibili e mensurabili, specialmente se la stella trovasi nelle regioni più basse dell' atmosfera. A persuadersi di ciò basta osservare un astro presso al suo tramonto in vicinanza d'un edifizio, mentre un occhio osserva la stella nel telescopio (fisso), e l'altro guarda quell'edifizio che forma un fondo di proiezione per la medesima. La linea tracciata dalla stella sopra questo fondo dovrebbe essere una linea netta, parallela all'equatore celeste; invece si osserva una **curva irregolarissima**, composta di tanti zigzag, quanti sono i serpeggiamenti tortuosi e salti irregolari dell'imagine telescopica. Dal nostro osservatorio sul Gianicolo le stelle così osservate si proiettano sulla cupola di S. Pietro, tracciando sopra di essa la traiettoria indicata in un modo sorprendente. Osservando anche ad occhio nudo la scomparsa d'una stella dietro la medesima cupola, che dista dall'osservatorio un mezzo chilometro, si vede la stella scomparire e ricomparire a diverse riprese, particolarmente se il suo corso apparente forma quasi una tangente alla curvatura della cupola stessa.(1)

(1) L'oggettività di simili fenomeni è stata dimostrata in un modo semplice da K. Exner, il quale fissò davanti all'obbiettivo del grande equatoriale di Vienna (I, n. 210) uno schermo con tre piccole aperture circolari del diametro di 3,2 cm. soltanto. Dirigendo poi il telescopio verso *Sirio* e aggiustando l'oculare un poco fuori della posizione dovuta, si videro

Digitized by Google

538. — A. Humboldt parla nel suo *Kosmos* (III, c. 2) di simili fluttuazioni curiose degli astri, alle quali egli dà semplicemente il nome di Nutazioni stellari (*Sternschwanken*). Così, per es., la mattina del 22 giugno 1799, trovandosi egli prima del levare del Sole su di una pendenza del Picco di Teneriffa, circa 3500 metri sopra il livello del mare, osservò tanto ad occhio nudo, quanto coll'aiuto di un telescopio, che le stelle vicine all'orizzonte sembravano continuamente cambiare posto, e ciò in modo irregolare e quasi a salti. Nel telescopio l'apparenza era quella di due stelle, invece di una, unite per mezzo di un nastro luminoso (cf. Fig. 130, n. 541). È chiaro che oltre l'atmosfera tremolante anche una certa debolezza dei nervi ottici può produrre simili trepidazioni; in tal caso il fenomeno sarà ancora più sensibile, e forse così si spiega che alcuni osservatori possano aver l'impressione di *nutazioni stellari*, maggiori di un grado.

Corollario II. — Scintillazione dei pianeti.

539. — **Aristotele**, parlando (nel II libro *De coelo*) della scintillazione delle stelle, assegna come causa probabile del fenomeno la debolezza dell'occhio, che a stento e quasi tremando dalla fatica, arriva colla sua forza visiva a quella distanza dove trovansi le stelle fisse. « Con ciò si spiega anche (così egli) perchè i pianeti, più vicini a noi, non scintillano ». Questa asserzione del grande Stagirita sulla mancanza della scintillazione nel caso dei pianeti è poi stata ripe-

tre dischetti rotondi, cioè tre imagini della stella, le quali però a cagione dell'agitazione atmosferica cambiarono continuamente la loro posizione relativa. Invece di stare in una linea retta, come i fori dello schermo, esse formarono invece un triangolo con lati continuamente varianti. Del resto anche un semplice filo micrometrico, sul quale si faccia passare la stella col suo moto apparente, basta a far vedere le continue oscillazioni della medesima. La ragione che questo si manifesta meno in strumenti di grande che di piccola o ridotta apertura, fu già assegnata dal celebre Newton. Dei varii fasci di luce entranti nell'obbiettivo, ciascuno ha il suo punto focale tremolante, ma siccome questi punti sono moltissimi che si uniscono in un apparente dischetto, il moto tremulante dei singoli diventa con ciò impercettibile, ma si manifesta nell'estensione del dischetto. Cfr. *Astr. Nachr.* nn. 2791 e 3455.

Digitized by Google

tuta da molti autori; anzi si suole annoverare la detta mancanza come uno dei molti caratteri, per distinguere i pianeti dalle stelle fisse (I, n. 314).

Keplero, riesaminando la questione, viene alla conclusione che anche i pianeti scintillano, e quando Fabricius gli esprime la sua maraviglia sulla scintillazione di *Mercurio*, egli risponde: « Tycho già osservò che *Marte* scintilla, di *Venere* io parimente dissi nella mia *Ottica* (c. V, 12) che scintilla; che maraviglia c'è dunque che anche *Mercurio* scintilli? »[1] Altrove egli espone le cinque ragioni, assegnate dallo Scaliger come cause concorrenti alla scintillazione degli astri: la grandezza dell'astro, l'intensità della luce, il moto proprio, lo stato dell'aria, e l'agitazione della luce stellare. Di queste cause, dice Keplero, la terza e la quinta sono le principali, le altre concorrono soltanto al fenomeno; la distanza (e ciò *ad convincendos Aristotelicos*) non importa nulla, poichè anche i pianeti scintillano, specialmente Mercurio e Venere; la scintillazione di Marte è meno sensibile, gli altri (Giove e Saturno) non scintillano affatto. Si noti poi che Mercurio e Venere sono i pianeti più vicini alla Terra.[2]

540. — La vera ragione, perchè la scintillazione ordinariamente è meno sensibile nei pianeti che nelle stelle fisse, a noi pare doversi piuttosto riporre nel loro **diametro sensibile**, il quale, evidente nelle osservazioni telescopiche, nelle osservazioni ad occhio nudo si rende percettibile appunto per quella mancanza di scintillazione (parallattica). Le escursioni apparenti d'una stella dalla posizione media ordinariamente non superano il diametro apparente dei pianeti, quindi il globetto veduto tanto nel telescopio, quanto ad occhio nudo ri-

(1) Kepleri Opera (ed. Frisch), II, 101. Nel luogo citato dell'*Ottica* Keplero descrive come osservò Venere il 29 dicembre 1602 per la finestra d'una camera (senza lume); era un freddo intenso ed il pianeta assai basso scintillava moltissimo: *scintillabat Venus concitatissime* (Ibid. II, 294).

(2) *De stella nova in pede Serpentarii*, cap. XVIII. Kepleri Opera (ed. cit.), II, 679. Keplero ascrive la scintillazione al moto rotatorio delle stelle e trova quindi nella scintillazione dei pianeti un argomento probabile per la rotazione dei medesimi intorno ad un asse proprio, già constatata nel Sole come nella Terra. A noi basta il fatto riconosciuto della scintillazione dei pianeti.

Digitized by Google

mane sempre in contatto sensibile colla sua parte centrale; lo spostamento a foggia di salti, osservato nelle stelle fisse (e pianetini) non si osserva nei pianeti, se essi non rappresentano una fase assai ridotta, come accade appunto nei pianeti Venere e Mercurio, dei quali anche nel telescopio si osserva talvolta un apparente sdoppiarsi o moltiplicarsi dei loro corni sottili; cosa da noi osservata spesse volte ad occhio nudo nelle cuspidi della falce sottile della stessa Luna. Siccome Marte ha una fase poco ridotta, il suo scintillare è poco notevole; Giove e Saturno, che rappresentano sempre un disco completo, non scintillano quasi mai.

541. — Lo stesso **disco solare** mostra una specie di scintillazione nelle ondulazioni o fluttuazioni del suo lembo, facil-

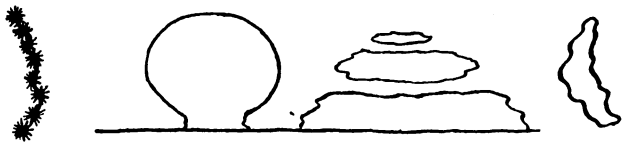


Fig. 130. Deformazione degli astri presso l'orizzonte.

mente osservabili nelle proiezioni telescopiche, specialmente quando l'aria non è abbastanza tranquilla. Il lembo del disco proiettato apparisce allora terminato da una curva ondulata ed alquanto colorata che trovasi in continuo movimento a foggia della superficie di un mare agitato. Anzi presso l'orizzonte, quest'agitazione diventa tale, che l'imagine non apparisce più rotonda o ellissoidale affatto (I, n. 263), ma deformata in varie maniere e talvolta addirittura lacerata in parti totalmente staccate. La figura 130 mostra varii tipi di tali deformazioni, osservati da noi stessi nelle stelle fisse, nel Sole, Venere ecc. Straordinari e ben visibili, anche ad occhio nudo, sono le dette deformazioni nei tramonti solari, osservati in alto mare, dove il disco apparente del Sole, cominciando a deformarsi prima in basso, subisce una varietà di forme curiosissime, delle quali la nostra figura ne dà due (principio e fine) da noi stessi spesse volte osservate in un viaggio alle Indie orientali nel maggio 1886.

Digitized by Google

COROLLARIO III. — PREVISIONE DEL TEMPO DALLA SCINTILLAZIONE DELLE STELLE.

542. — Stabilito il fatto oramai innegabile che le varie modificazioni della scintillazione hanno la loro sede principale nei cambiamenti dell'atmosfera, era naturale di cercare con più precisione il nesso tra causa ed effetto per poter trarre delle conclusioni pratiche dalla variata scintillazione sul variato stato atmosferico, e quindi stabilire dei **prognostici** almeno probabili sui cambiamenti prossimi del tempo. Oltre il meteorologo Kämtz, i lodati signori Montigny e Dufour fecero delle ricerche su questo punto. Quanto però siano incerte le conclusioni alle quali essi arrivarono si vede da ciò, che i risultati dell'uno e dell'altro spesse volte sono contradittori. Secondo il Kämtz l'aumentarsi della scintillazione indicherebbe perturbazioni aeree sotto forma di tempeste, che si preparano; secondo il Montigny la crescente scintillazione (cromatica) indicherebbe lo stato di condensazione dei vapori aerei e quindi futura pioggia, specialmente se tra i colori osservati predomina l'azzurro (colore dell'acqua); secondo il Dufour invece la scintillazione diminuita sarebbe presaga di tempo cattivo. Anche qui come altrove (nn. 143 e 248) bisogna confessare che le molte incognite che entrano nel tanto dibattuto *problema della previsione del tempo*, sono ancora lontane dal permettere una soluzione soddisfacente del medesimo.

CAPITOLO II.

SPETTROSCOPIA STELLARE.

543. — La spettroscopia celeste, della quale furono già descritti i varii strumenti e metodi (di sopra pag. 30 e sgg.), ha per oggetto principale le *stelle fisse*, cioè quegli astri del cielo, dotati di luce propria, che conservano sensibilmente la stessa posizione relativa tra loro sulla sfera celeste (I, n. 9). Della **natura fisica** di questi punti luminosi e scintillanti del firmamento l'astronomia antica sapeva ben poco. Anche dopo l'invenzione del telescopio, la forza visiva del quale fece crescere

Digitized by Google

il loro numero in un modo del tutto inaspettato, si stentò invano di decifrare l'enimma della costituzione fisica; anzi non mancarono dei dotti, i quali dichiararono la soluzione di questo problema una volta per sempre disperata. Quanto però siano arditi tali giudizî aprioristici, lo dimostra il caso presente. L'invenzione dello spettroscopio e l'analisi spettrale con essa iniziata segna un'epoca nuova di gloriose scoperte appunto in quel campo di ricerche, poc'anzi dichiarato sterile ed infecondo.

544. — I primi **studii metodici** dello spettro di alcune stelle, dopo le ricerche piuttosto tecniche del Fraunhofer (n. 37), furono iniziati dagli astronomi inglesi Huggins e Miller, ben tosto seguiti dal valente astrofisico italiano, quale fu il padre Angelo Secchi. Fu merito non piccolo di queste avanguardie di avere affrontato coraggiosamente le molte e talvolta quasi insuperabili difficoltà, che ritardarono i principii della nuova impresa, la quale domandava da' suoi aderenti una fatica ed una pazienza, che secondo l'espressione dello stesso Secchi, a pochi tornar poteva tollerabile. Le difficoltà furono superate, lo studio dell'analisi spettrale delle stelle, che prima sembrava tanto faticoso e soltanto accessibile agli strumenti grandi e costosi dei primari osservatorii, diventò presto uno degli studi più vaghi, svariati e dilettevoli, coronato da risultati importantissimi per l'astrofisica, ossia per il conoscimento della struttura e costituzione di tutto l'universo. Trovando cioè varie combinazioni di pochi prismi, comodi e poco costosi, che lasciavano la luce stellare in tutta la sua forza, il Secchi specialmente riuscì a rendere i suoi apparati spettroscopici applicabili anche a telescopi di mediocre dimensione, ed a facilitare con ciò il modo delle ricerche spettroscopiche delle stelle e ad estenderne infinitamente il campo, da principio ristretto alle sole stelle più luminose.

545. — Trovato così un modo facile di analizzare le varie stelle, il P. Secchi poteva fin dal 1866 presentare una memoria importante alla Società Italiana dei XL (ser. III, tom. I) con un primo **catalogo spettrale** [1] delle stelle principali, intendendo con ciò, non di dare una cosa definitiva, ma di for-

(1) Catalogo delle stelle, di cui si è determinato lo spettro luminoso all'osservatorio del Collegio Romano 1867.

Digitized by Google

nire a' suoi colleghi un mezzo preparatorio, o come dice egli stesso, di preparare la via a studi più esatti e minuti, che hanno un soggetto vastissimo da tenerli occupati per molti anni. Le ricerche fatte abbracciavano **tre punti distinti**: 1° il colore generale; 2° la posizione delle righe; 3° il confronto di queste colle fiamme artificiali (n. 45) e col Sole.

Il colore, ossia la tinta generale della stella, fu dedotta dall'aspetto che presentava la stella nel cercatore dell'equatoriale; ma anche la proporzione dei colori nello spettro fu notata, e secondo questa il Secchi divise subito le stelle osservate in **tre tipi principali**, in stelle bianche (come *Vega* o α *Lyrae*), stelle gialle (come *Arturo* o α *Bootis*), in stelle rosse o aranciate (come *Betelgeuze* o α *Orionis* ed α *Herculis*).

La posizione delle righe fu misurata micrometricamente col ricorso opportuno alle poche stelle fondamentali come pure a sorgenti di luce artificiale di sostanze conosciute; il paragone però più particolareggiato, tra le righe artificiali e le stelle, fu riservato per un altro tempo.

Art. I. — Classificazione delle stelle in varii tipi spettrali.

546. — Lo stesso Fraunhofer notò già una certa diversità caratteristica tra lo spettro delle stelle. *Sirio*, *Capella* e *Betelgeuze* vengono nominate come rappresentanti di classi diverse. Il primo però che stabilì la classificazione di tutte le stelle del cielo in pochi tipi spettrali, fu il **P. Secchi**, il quale cominciò i suoi studii relativi fin dal 1863, distinguendo primo due tipi soli, ai quali poi aggiunse tosto il terzo già nominato. Dopo il 1868 ne aggiunse un quarto, il quale appartenente quasi esclusivamente alle stelle più piccole, fin allora era stato meno osservato. A questi quattro tipi principali fu finalmente unito ancora un *quinto* del tutto eccezionale. Daremo una compendiosa descrizione di questi cinque tipi Secchiani (secondo lo stesso autore) insieme colla loro interpretazione.

547. Il primo tipo (Fig. 131, I), è quello delle stelle bianche o azzurrognole, come **Sirio**, *Vega*; β, γ, δ, ε, ζ, η

Digitized by Google

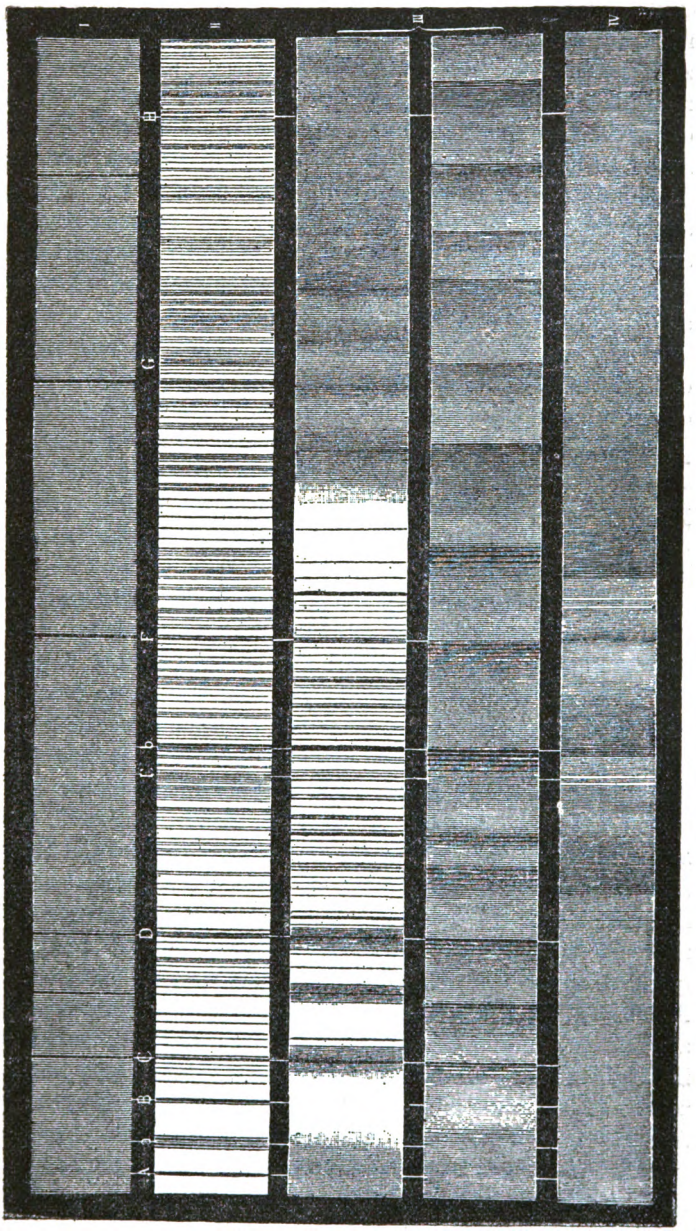


Fig. 131. Tipi spettrali delle stelle (secondo Secchi).

Digitized by Google

dell' *Orsa maggiore, Castore*, α *Pegaso*, α *Ofiuco* ecc. le quali mostrano *uno spettro luminoso quasi continuo, solcato da poche righe oscure ben marcate.* La larghezza e l'oscurità di queste righe di assorbimento dimostrano, che le stelle rispettive sono circondate da densi inviluppi atmosferici. La luce viva e molto brillante, tendente più o meno al violetto, serve già di indizio che la temperatura di esse deve essere altissima, superiore a quella del Sole (n. 323). Per conseguenza quei Soli lontani devono trovarsi in uno stato di **somma incandescenza.** Le righe osservate appartengono principalmente all'idrogeno (H_α, H_β, H_γ, H_δ); le più sottili all'elio, calcio, magnesio, sodio; vi sono talvolta anche quelle del ferro. Mentre alcune stelle (come Sirio, Vega) mostrano quasi le sole righe dell'idrogeno, ed altre (come α Leonis, β Librae, α Ophiochi) offrono inoltre le righe metalliche accennate, vi sono alcune (β, ε Orionis, α Cygni) nelle quali predomina l'elio; l'idrogeno invece non dà segno quasi veruno della sua esistenza. A questo *primo tipo* appartiene quasi la metà delle stelle del cielo.

548. — **Il secondo tipo** (Fig. 131, II), è quello delle stelle di colore piuttosto giallo, lo spettro delle quali si rassomiglia in tutti i particolari a quello del nostro **Sole.** Le *righe di assorbimento* sono qui *più sottili ma numerosissime*, talvolta rimpiazzate da *zone oscure* (specialmente nelle stelle variabili). Questo tipo segna evidentemente uno **stadio di raffreddamento cominciato**, nelle stelle numerosissime appartenenti ad esso, come α *Aurigae*, α *Bootis*, α *Tauri*, β *Geminorum* ecc. Un fatto molto importante (notato dal Secchi) si è che al variare di colore di certune di queste stelle, le righe dello spettro cambiano d'intensità; la finezza però delle righe stesse esige che l'aria (atmosferica terrestre) sia molto quieta e favorevole alla loro osservazione. Così in Arturo ed Aldebaran, nei quali il colore variabile passa periodicamente ad una luce piuttosto rossa, le righe aumentano notabilmente in larghezza ed oscurità. L'assorbimento delle onde luminose più corte coll'indebolimento della luce violetta conferma l'abbassamento relativo della temperatura, confrontata con quella del tipo precedente. Insomma tutto ciò che si è detto della costituzione del nostro Sole (n. 322) trova la sua applicazione

Digitized by Google

in quelle moltissime stelle del secondo tipo, il numero delle quali, benchè minore delle predette, costituisce bensì circa due terzi della metà rimanente di tutte le stelle del firmamento. Oltre le sostanze già incontrate nel primo tipo si trovano nel presente bismuto, manganese, cromo, argento, stagno, mercurio, tallio ecc.

549. — Il terzo tipo (Fig. 131, III *a*) è quello delle stelle ranciate e rosse; esso è formato di *linee nere e lucide, interpolate ad una serie di circa nove zone* o *bande oscure e sfumate*, che fanno allo spettatore l'impressione della veduta d'una fuga di colonne, illuminate dal lato del rosso. A questo tipo appartengono per es. α **Orionis,** α *Scorpii*, ο *Balenae*, β *Pegasi* ecc. Sembra trattarsi piuttosto di due spettri sovrapposti: uno formato dalle zone larghe sfumate, l'altro dalle linee metalliche oscure di assorbimento. Le linee dell'idrogeno sono assai deboli e talora mancanti del tutto, mentre fortissime appariscono quelle del sodio, ferro e magnesio. Questa mancanza apparente dell'idrogeno è probabilmente dovuta all'inversione parziale delle righe nere in luminose, appena visibili. Qualche zona assai fosca è dovuta al carbonio e alle sue molte combinazioni dette idrocarburi. Se nelle stelle del secondo tipo il raffreddamento dovea dirsi incominciato, nel terzo tipo vediamo lo stadio di **raffreddamento avanzato,** nel quale le combinazioni chimiche possono aver luogo più liberamente; perciò il violetto vedesi quasi totalmente estinto, le bande oscure interrompono i colori rimanenti, tra i quali l'estremo rosso predomina. Non vi è quindi da maravigliarsi che le stellette più deboli (più piccole), avvicinantesi già ad estinzione completa della luce, appartengono a questo tipo.

550. — Il quarto tipo (Fig. 131, III *b*), sembra una mera *modificazione del precedente*, in quanto le colonne (secondo il paragone ivi fatto) appaiono illuminate dalla parte opposta, cioè dal lato del violetto. Il P. Secchi trovò anche una differenza in ciò che la riga oscura del giallo non coincideva colla nota riga D del sodio, ma si trovò un poco più verso il rosso, essendo la D rappresentata da una zona scura. Anche in altri particolari si nota una grande variabilità quasi bizzarra. Notevole era pure il fatto che il Secchi non trovò nessuna stella

Digitized by Google

di questo tipo superiore alla quinta grandezza; ciò nonostante le righe erano assai marcate; anzi linee lucide, benchè assai deboli, si osservarono talvolta nello spettro. Esaminate però con strumenti più forti (col prisma obbiettivo n. 65), queste linee lucide si risolvettero piuttosto in zone più vive del resto, non in vere linee metalliche. Alcune stellette belle di questo tipo sono i numeri 41, 78, 132, 152, 273 del catalogo di Schjellerup,[1] specialmente quella 152, che dal Secchi viene chiamata *superba*.

Una differenza ben decisiva tra il presente tipo (IV) ed il precedente (III), non sembra esistere, donde lo stesso P. Secchi li soleva anche raccogliere in una sola categoria, che per brevità chiamò **tipo a colonnato,** lo spettro del quale si rassomiglia assai a quello dell'azoto, osservato nei tubi di Geissler (n. 43). Le diversità dei due tipi nasce probabilmente dalla variazione delle combinazioni chimiche, che hanno luogo nelle atmosfere stellari; cosicchè essi debbono essere considerati piuttosto come coordinati, non come successivi; altrimenti si osserverebbero casi di passaggio dal III al IV tipo, come in realtà vengono osservati casi frequentissimi di passaggio dal I al II e dal II al III tipo. Forse si tratta anche di qualche catastrofe straordinaria (non ancora ben conosciuta) che precede l'estinzione completa d'una stella, come vedremo negli articoli seguenti.

551. — Come **quinto tipo** (Fig. 131, IV) vengono registrate dal P. Secchi alcune poche stelle, lo spettro delle quali mentre è privo di linee oscure, mostra invece delle *righe lucide isolate appartenenti all'idrogeno e all'elio*. Le stelle principali di questo tipo sono γ **Cassiopeiae** e β **Lyrae**. Sembrerebbe che tali stelle col loro grado altissimo d'incandescenza si trovino in uno stadio anteriore allo stesso tipo primo, circondate da potenti atmosfere piene dei detti gas incandescenti con temperature eccessive, più elevate dello stesso nucleo stellare. Per

(1) SCHJELLERUP, 10 000 posizioni di stelle telescopiche tra — 15° e + 15° di declinazione. Kopenhagen 1864. Le posizioni delle stelle citate per l'anno 1870 sono le seguenti:

Num. e grandezza:	41, VI;	78, VI-VII;	132, VI;	152, VI;	273, VI
Ascensione retta:	$4^h\,37^m\,47^s$;	$4^h\,27^m\,36^s$;	$10^h\,31^m\,9^s$;	$12^h\,39^m\,1^s$;	$23^h\,39^m\,45^s$
Declinazione:	+ 67° 56′;	+ 38° 33′;	— 12° 43′;	+ 46° 9′;	+ 2° 46′

Digitized by Google

spiegare uno stato così anormale bisognerebbe ricorrere a certe ipotesi, per es. di meteore, continuamente cadenti con impeto grandissimo nell'atmosfera della stella, ovvero supporre collo Scheiner,[1] che quelle atmosfere incandescenti siano così alte, che il loro spettro diretto (di emissione) non si proietta sul nucleo stellare, ma sul fondo oscuro del cielo, eclissando col suo splendore quello dello stesso nucleo, relativamente più piccolo.

La fotografia celeste ha rivelato ultimamente l'esistenza di parecchie stelle simili specialmente nella Via lattea e nelle cosidette *Nuvole di Magellano* (I, n. 18); il numero complessivo di simili scoperte assai rare supera già i 70.

Art. II. — Ulteriori studii di spettri stellari.

552. — La classificazione delle stelle in varii tipi spettrali appartiene senza dubbio al nostro maestro, e se c'era qualche cosa nell'astrofisica, per la quale egli difendeva gelosamente **la priorità** d'una scoperta o impresa scientifica speciale, era appunto questa: *La découverte des types nous appartient exclusivement*, scrive il Secchi nell'opera *Le Soleil* (II, p. 445), dove parla espressamente dei lavori preliminari del Fraunhofer e Rutherfurd. Altra cosa è l'osservare che lo spettro di una stella è differente da quello di un'altra, altra cosa stabilire il canone generale, che tutte le stelle del firmamento possono ridursi a pochissimi tipi generali. Il lavoro gigantesco, necessario per arrivare a questa seconda conclusione, fu fatto per la prima volta dal Secchi, la classificazione del quale è stata generalmente accettata. Gli studii susseguenti dei d'Arrest, Huggins, Vogel, Lockyer, Pickering, Scheiner ed altri non apportarono che modificazioni piuttosto accidentali ai risultati ottenuti dal Secchi.

553. — Il professore **Vogel**, per esempio, preferisce di parlare di soli **tre tipi principali**, considerando il tipo *quinto* del Secchi come una suddivisione del *primo*, ed unendo i tipi III e IV del medesimo in un solo *terzo*, cosa niente affatto opposta a quello che il Secchi aveva già esposto intorno

(1) *Die Spectralanalyse der Gestirne*. Leipzig 1890, p. 276.

Digitized by Google

ai medesimi tipi. Il merito del Vogel sta in ciò che egli nei tre tipi principali ha fatto delle distinzioni e sottodistinzioni, che formano dei **gruppi secondari**. Così, per esempio, rispetto al I tipo, secondochè nelle stelle osservate predomina l'*idrogeno* ovvero l'*elio* (ed altre sostanze metalliche), e secondochè queste sostanze cagionano nello spettro righe oscure o luminose, egli distingue varie classi, le quali, secondo lo Scheiner, si raggruppano in questo modo:

La classe I *a* mostra quasi esclusivamente le righe d'assorbimento ben marcate dell'idrogeno; ad essa appartengono per es. α *Leonis*, β *Librae*, α *Ophiochi*, ζ *Orionis*.

La classe I *b* contiene oltre le righe delicate dell'idrogeno (alle volte invisibili) quelle ugualmente sottili di altri pochi vapori metallici. Esempi sono β ed ε *Orionis*, α *Cygni*.

La classe I *c* è niente altro che il tipo V dell'articolo precedente.

554. — In modo somigliante il **secondo tipo** viene suddiviso:

La classe II *a* mostra un grande numero di righe (oscure) metalliche ben marcate, fra le quali vi sono pure quelle dell'idrogeno, benchè poco notevoli dall'apparenza esterna. Col Sole appartengono a questa classe α *Aurigae*, β *Geminorum*, α *Arietis* ecc. mentre *Procyon* è un bell'esempio di passaggio dal primo al secondo tipo. Lo spettro di *Capella* (α *Aurigae*) e quello del Sole sembrano di una identità così perfetta, che è difficile di trovare qualche differenza.

La classe II *b* è una combinazione di tre spettri diversi, cioè d'uno continuo, di un secondo di assorbimento e di un terzo di emissione (n. 46). Poche sono le stelle conosciute appartenenti a questa classe; tre di queste furono scoperte (dal Wolf e Rayet, 1867) nella costellazione del Cigno, due altre dal Pickering, 1881; tutte e cinque sono di VII–VIII grandezza. Le stelle nuove, delle quali si tratterà più sotto in particolare, sogliono appartenere a questa classe. Lo spettro continuo viene cagionato da una fotosfera incandescente, simile a quella del Sole (n. 325), le righe oscure di assorbimento dalla temperatura più bassa dell'atmosfera; le righe lucide di sostanze sconosciute sembrano indicare un inviluppo assai grosso di gas incandescente intorno alla detta atmosfera.

Digitized by Google

555. — Il **terzo tipo del Vogel**, al quale appartengono un grande numero di stelle variabili di periodi irregolari, viene diviso anch'esso in due classi:

La classe III*a* viene già segnalata dal colore decisamente rossiccio delle stelle, che ad essa appartengono. Nello spettro l'assorbimento delle onde luminose più corte è così apparente, che oltre la riga G non si distingue più niente. Anche nei colori dello spettro visibile (rosso-giallo-verde) la frequenza delle righe oscure è tale che queste si uniscono sensibilmente in quelle sfumature scure notate di sopra. Le vere bande oscure che si uniscono ad essi hanno un limite preciso verso il violetto, mentre quello verso il rosso è piuttosto sfumato ed indeciso (tipo III di Secchi).

La classe III*b* si distingue principalmente dalla precedente per il fatto che gli intervalli luminosi tra le bande oscure, che lasciano travedere lo spettro continuo, sono talmente ristretti che alle volte sembrano righe di emissione. Caratteristiche, oltre una riga oscura (576 μμ, di natura ancora sconosciuta), sono in questa classe le righe di assorbimento che indicano la presenza degli idrocarburi, già indicata di sopra.[1]

Notiamo finalmente che il prof. Pickering ha fatto una classificazione spettrale ancora più minuta, secondo i varii spettri, ottenuti fotograficamente, distinguendo 16 classi diverse colle lettere dell'alfabeto da *A* a *Q*. Le stelle da *A* a *D* corrispondono generalmente al primo tipo del Secchi, quelle da *E* a *L* al secondo, quelle di *M* al terzo, di *N* al quarto, di *O* al quinto. Sotto *P* sono registrate le nebulose, sotto *Q* il resto delle stelle non contenute nei numeri precedenti.

COROLLARIO. — STELLE COLORATE.

556. — Intimamente connesso coll'analisi spettrale delle stelle è lo studio sui **varii colori** di esse. Il fatto, che non tutte le stelle abbiano la stessa tinta di luce, che anzi il colore particolare, durevole e costante di qualcheduna è rimarchevole, fu già notato dagli antichi. Tolemeo, per esempio, nel suo catalogo di stelle, inserito nell'*Almagesto* (l. 7 e 8),

(1) Per altri particolari rimettiamo il lettore alla lodata opera dello Scheiner, della quale l'articolo presente non è che un breve sunto.

Digitized by Google

nota il colore rossiccio (ὑπόκιρρος = *subrufus*) di sei stelle di prima grandezza, cioè di Aldebaran (α *Tauri*), Antares (α *Scorpii*), Arturo (α *Ophiochi*), Betelgeuze (α *Orionis*), Polluce (β *Geminorum*) e di Sirio (α *Canis maj.*).[1] Il colore più universale delle stelle sarebbe, secondo lo stesso Tolemeo (l. 8, c. 1), il colore giallo. La prima notizia di stelle azzurre trovasi in un'opera di Mariotte.[2] Il primo però che fece uno studio speciale e sistematico sui varii colori delle stelle, fu il celebre Gugl. Herschel, il quale trovò che tutti i colori dello spettro avevano i loro rappresentanti tra le stelle fisse.[3] Gli studi di questo genere furono dipoi non poco facilitati dall'invenzione di apparati speciali, del *colorimetro* di Zöllner (n. 81) e di altri simili. Le cosidette stelle bianche (dice il P. Secchi)[4] sono per lo più

(1) *Sirio* nel testo originale viene descritto così: λαμπρότατος καλοῦμενος κύων ὑποκίρριος (*stella splendidissima, chiamata canicola, di colore rossiccio*). Parecchi astronomi moderni, vedendo che questa stella insigne oggidì splende di luce bianca vivissima, hanno cercato di spiegare questo strano cambiamento di colore. Stante però il silenzio degli antichi astronomi sopra questo *colore rosso* di Sirio, non è esclusa la possibilità, che le riferite parole di Tolemeo siano il risultato d'un equivoco dei primi trascrittori, i quali (come suggerisce dottamente lo Schjellerup) cambiarono probabilmente le parole dell'originale καὶ σεῖριος (chiamato anche *Sirio*) in quelle riferite: ὑπόκιρρος (rossiccio). Se altri autori, poeti ed oratori (come Cicerone, Orazio) ripetono quello che credevano detto da Tolemeo, ciò non farebbe maraviglia. Probabilmente si fonda sulla medesima autorità lo stesso testo di Seneca (*Quaest. nat.* l. 1), dove dice *Acrior Caniculae rubor, Martis remissior, Iovis nullus.*

(2) *Oeuvres*, 2 vol. Leyde 1717; 2ª ed. La Haye 1740.

(3) *Philosophical Transactions*. London 1782, 1785, 1814.

(4) *Le Stelle*, 59. — Che il colore d'una medesima stella venga stimato diversamente da varii osservatori si spiega per le difficoltà inerenti a questi studi. Non pochi uomini (forse anche senza saperlo) soffrono più o meno di *daltonismo*; una delle ragioni, perchè le copie d'uno stesso quadro originale, fatte da varii artisti, differiscono cotanto in colore. Influiscono non meno la qualità dei vetri delle lenti e del metallo degli specchi, adoperati negli strumenti, il grado dell'ingrandimento, lo stato dell'atmosfera, la mancanza d'un termine di confronto, le varie sfumature d'un colore dello stesso nome ecc. Gli occhi delle donne sono comunemente più sensibili alle varie graduazioni dei colori. Un mezzo più sicuro di non errare nella stima offre lo spettroscopio. Non sarà necessario di ammonire i nostri lettori, che le illustrazioni che si sogliono dare di varie stelle colorate peccano non poco per l'esagerazione della tinta particolare.

Digitized by Google

azzurre: si passa da questo colore al vero bianco per gradi insensibili; quindi si passa al giallo, al rosso ranciato e fino al rosso di sangue. Così Sirio, Vega, Castore, Regolo sono piuttosto azzurre; Procione, Altair bianche; Capella, Polluce, α Balena sono gialle; Aldebaran, Arturo, Betelgeuze sono ranciate; Antares ed α Ercole sono rosse; le veramente rosse di sangue sono tutte piccole. All'astro più rosso di tutti gli altri, μ *Cefeo*, Herschel diede il nome di *Granato*.

557. — Nelle **stelle doppie** (I, n. 627) si osserva sovente il curioso fenomeno di due colori complementari (rosso e verde, aranciato ed azzurro, giallo e violetto). Spesse volte l'apparenza sarà un semplice effetto di contrasto, una specie d'illusione ottica; molte volte però si tratta d'un fenomeno oggettivo e reale.[1] Un esempio molto studiato e discusso di questo genere è β *Cigno*. La stella principale è gialla, tendente al rosso (*giallo d'oro*), la compagna minore azzurra, tendente al verde (*azzurro di zaffiro*). Altri gruppi più conosciuti sono: η Cassiopeia, α Pesci, γ Andromeda, ι Cancro, ε Boote, ζ Corona, α Ercole, σ Cassiopeia.

Si osserva in certe **costellazioni** il predominio di un colore particolare, come per es. dell'azzurro nelle Pleiadi, del verde in Orione, del giallo nell'Eridano e nella Balena. Questo fatto solo sembra già indicare, non trattarsi di un raggruppamento meramente ottico, ma di un nesso fisico tra le varie stelle della medesima costellazione.

558. — Varii **cataloghi** di stelle colorate sono stati composti da parecchi astronomi, tra i quali basta enumerare i principali, come Herschel, Lalande, Schjellerup, Chambers, Schmidt, Birmingham, Sestini, Secchi, Pickering, Krüger. Il P. Sestini S. I. fece delle osservazioni speciali al Collegio Romano fin dal 1847 allo scopo di scoprire possibili cambiamenti di colore in progresso di tempo. Servendosi di un prisma per rilevare le differenze del colorito, egli esaminò tutte le stelle del catalogo di Baily, ne compose delle carte speciali, nelle quali il colore di ciascuna

(1) Per evitare tali illusioni il P. Secchi (l. c.) propone di coprire alternativamente con una lamina (collocata nel foco del telescopio) una delle due per vedere, se con ciò cambia il colore apparente.

Digitized by Google

stella è riconoscibile senz'altro, da un segno convenzionale che non sturba affatto l'aspetto generale degli asterismi. Un catalogo aggiunto fornisce ulteriori spiegazioni.(1) Sestini ripetè le sue osservazioni più tardi in America collo stesso strumento, accertando con ciò che il clima ha pochissima influenza sul risultato. Lo Schjellerup raccolse tutti gli elementi, dispersi nei varii cataloghi già pubblicati, e ne compose un importante catalogo, riprodotto con piccole aggiunte dal P. Secchi nella citata opera *Le Stelle*, alla quale rimettiamo il lettore desideroso di altri particolari sulle stelle colorate.

CAPITOLO III.

STELLE NUOVE E VARIABILI.

ART. I. — CENNI STORICI.

559. — Accade talvolta che in mezzo ad una costellazione ben conosciuta apparisca improvvisamente una **stella nuova**, fin allora non veduta, la quale per la configurazione nuova, cagionata in quell'asterismo, specialmente se è di prima o seconda grandezza, eccita perfino l'attenzione del volgo. La stella più antica, comparsa in questo modo, di cui è rimasta memoria, è quella osservata da **Ipparco** (134 av. Cr.) nella costellazione dello *Scorpione*, la quale secondo Plinio determinò quel celebre astronomo a comporre il suo catalogo delle stelle fisse, per sapere più facilmente, se simili fatti accadessero più spesso. Trascorsero però molti secoli, finchè nell'anno 1572 un caso simile fu notato nella costellazione di *Cassiopeia*. Questa Nuova fu così cospicua da superare in luminosità le stelle di prima grandezza, essendo visibile (come Venere, n. 469) ad occhio nudo in pieno giorno. **Tycho Brahe** osservò le varie sue vicende di **variabilità** e ne lasciò una

(1) Sestini, *Memoria* sopra i colori delle stelle del catalogo di Baily. Roma 1845-47. — Cfr. Nota sulle stelle colorate della Lira pubbl. dallo stesso autore nelle *Osservazioni fatte nella Specola dell'Università Gregoriana* al Collegio Romano, 1843, p. 113 sgg.

Digitized by Google

memoria (*De nova stella* a. 1572), donde la nuova viene anche semplicemente chiamata Stella Ticonica. Lo splendore straordinario durò tutto il mese di novembre di quell'anno, ossia dal giorno 11 al principio di dicembre 1572, scemò poi gradualmente nel dicembre, gennaio e febbraio seguente, rimanendo però ancora nel mese di marzo uguale ad una stella di prima grandezza. Nell'aprile e maggio la Nuova scese alla seconda, nel luglio–agosto alla terza grandezza. Nel gennaio 1574 nella sua luce cinerea brillava come una stelletta di quinta o sesta grandezza, per scomparire (all'occhio nudo, non ancora provvisto di telescopio) nel marzo seguente.

560. — Pochi anni dopo la scomparsa della Stella Ticonica, cioè nell'ottobre 1604, si vide comparire una stella nuova nella costellazione d'*Ofiuco*, la quale come le due precedenti superò da principio in splendore tutte le altre stelle del firmamento, ma poi in meno di due anni scomparve di nuovo. **Keplero** l'osservò diligentemente e ne ha lasciato una descrizione sotto il titolo: *De stella nova in pede Serpentarii*. In una pubblicazione precedente, scritta in lingua tedesca, lo stesso astronomo narra, come già nel 1600 una stella nuova di terza grandezza si fece vedere nella Via lattea, o più precisamente nella costellazione del Cigno (*in pectore Cygni*); questa nuova fin allora aveva ritenuto lo stesso splendore di prima. Nell'uno come nell'altro caso si trattava evidentemente di stelle fisse e non di pianeti o comete; poichè gli astri osservati, come dice espressamente Keplero, non cambiarono la loro posizione relativamente alle altre stelle fisse del firmamento.[1]

Nell'anno 1670 una stella nuova di terza grandezza fu veduta nella costellazione della *Volpe*, la prima osservabile col telescopio, della quale però poche notizie ci sono conservate. Passarono poi quasi due secoli interi prima che una stella nuova un po' notevole apparisse in cielo.

561. — La prima comparsa d'una stella nuova di prima grandezza dopo le descritte, accadde ai giorni nostri, cioè nel mese di febbraio 1901. Il giorno 22 di detto mese l'astronomo scozzese Ralph Copland, scoprì nella costellazione di

(1) Kepl. Op. omnia (ed. Frisch), I, 473, e II, 575.

Digitized by Google

Perseo una stella nuova della grandezza 2,7, la quale però il giorno seguente superò in luminosità la stessa Vega (*α Lyrae*). L'esatta posizione di questa **Nova Persei** era in ascensione retta di $3^h\ 24^m\ 28^s$ in decl. $43°\ 33',9$; la sua luce era bianco-azzurra. Era la prima volta che una stella nuova così splendida si sottomettesse all'esame dei nostri strumenti moderni, ed è quindi facile immaginare, con quanto zelo tutti gli osservatori del vecchio e nuovo mondo gareggiarono nel sorvegliarla attentamente, per strappare da' suoi cambiamenti il segreto dell'origine e dello sviluppo di questi astri insoliti.[1] Dalle molte osservazioni (alle quali anche noi demmo il nostro modesto contributo),[2] risultò che la stella ebbe il suo massimo splendore (gr. 0,1) il 23 di febbraio; cambiando poi la luce bianca in una tinta piuttosto giallastra, scese alla seconda grandezza, raggiunta il 28 febbraio. Con piccole fluttuazioni questo scemare della luce continuò rapidamente, cosicchè col 7 marzo arrivò già alla terza grandezza, col 17 alla quarta, e col 19 alla quinta. Quest'ultimo calo però così repentino fu di poca durata, poichè la stella salì di nuovo alla quarta grandezza, nella quale si mantenne più o meno fino alla fine di marzo ed ancora nei primi giorni dell'aprile. Col 6 di questo mese essa passò quasi improvvisamente alla sesta, la quale fu poi più o meno colle solite fluttuazioni mantenuta per tutto quel mese come nei mesi seguenti: maggio, giugno e luglio. Col cambiare della luminosità si notò anche un cambiamento di colore, il quale dal bianco e giallo già notato passò presto ad una tinta rossiccia, anzi talvolta d'un rosso cupo. Questo colorito rossiccio, conservato più o meno nei mesi indicati, facilitò non poco il ritrovamento della nuova tra le altre stelle della medesima grandezza.

562. — La fotografia celeste facilita assai la scoperta di stelle nuove di minore splendore, che altrimenti passerebbero inosservate, e con ciò si spiega perchè nella seconda

(1) La comparsa repentina della Nuova è provata dal fatto che una fotografia del Pickering di quella regione del cielo, presa il giorno 19 febbraio, che esibisce stellette fino alla decima grandezza, non mostra traccia veruna della Nuova.

(2) *La Stella nuova del febbraio 1901.* Cfr. *Memorie* della Pont. Accad. dei Nuovi Lincei, vol. XVIII. Roma 1901.

Digitized by Google

metà del secolo XIX il **numero** delle nuove sia salito a quattordici, come vedesi dalla seguente lista:

ANNO	ASCENSIONE RETTA	DECLINAZIONE	GRANDEZZA	COSTELLAZIONE	SCOPRITORE
1848	$16^h\ 53^m,9$	$-\ 12^\circ\ 44'$	V	Ofiuco	Hind
1860	16 11,1	− 22 44	VII	Scorpione	Auwers
1860	14 9,4	+ 19 32	X	Boote	Baxendell
1863	16 16,7	− 17 39	IX	Scorpione	Pogson
1866	15 55,3	+ 26 12	II	Corona	Birmingham
1876	21 37,8	+ 42 23	III	Cigno	Schmidt
1885	0 37,2	+ 40 43	VII	Andromeda	Fleming
1887	1 55,1	+ 56 15	IX	Perseo	Anderson
1891	5 25,6	+ 30 22	IV	Cocchiere	Fleming
1893	15 22,2	− 50 14	VII	Squadra	»
1895	11 3,9	− 61 24	VIII	Argo	»
1895	13 34,3	− 31 8	VII	Centauro	»
1898	18 56,2	− 13 18	V	Sagittario	»
1899	19 15,3	− 0 19	VII	Aquila	»

ART. II. — VARIABILITÀ PERIODICA DELLE STELLE.

563. — Le stelle *nuove* sono ordinariamente anche *variabili*, tanto in grandezza o luminosità, quanto in colore; però fra le stelle del firmamento ve ne sono molte altre che mostransi ugualmente variabili. Questa variabilità in alcune è legata a certe leggi o periodi, lunghi o brevi e si distinguono quindi in **stelle variabili** a periodo lungo ed a periodo breve. I periodi lunghi ordinariamente si estendono ad un intervallo da sei mesi fino a due anni, mentre i periodi brevi abbracciano talvolta appena pochi giorni. Pochi casi di variabilità regolare erano conosciuti nei secoli passati; ora, dopo che maggiore attenzione fu data a questo ramo dell'Astrofisica, le stelle variabili conosciute sono assai numerose, e se ne scoprono an-

Digitized by Google

cora sempre delle nuove. Differenza essenziale non esiste tra le stelle *nuove* e tra quelle dette semplicemente *variabili*; donde alcuni osservatori, al nome di *stella nuova*, preferiscono quello di *stella temporanea*.

564. — Un esempio classico d'una stella assai variabile di **periodo lungo** offre *o Ceti*, la quale per la sua mirabile variazione (per circa sei gradi di grandezza) nello spazio di meno di un anno, fu chiamata dall' Hevel **Mira Ceti**. La variabilità della stella fu prima avvertita da D. Fabricius nell'agosto 1596; la regolarità però della sua periodica variazione fu per la prima volta provata dal detto Hevel.(1) Secondo le osservazioni più recenti dell'Argelander il periodo dura esattamente 331 giorni, 15 ore e 7 minuti. In questo frattempo la stella per circa cinque mesi scende al di sotto della VI grandezza e diventa quindi invisibile all'occhio disarmato; col telescopio si può però continuare l'osservazione, e si vede scemare vieppiù la luminosità della stelletta fino alla IX grandezza; questa risale poi non solamente alla VI, ma perfino alla II grandezza, nella quale perdura circa quindici giorni, per riprendere poi di nuovo la sua discesa apparente verso l'oscurità. Il periodo generale subisce alle volte delle fluttuazioni più o meno irregolari (di 25 giorni), per le quali può accadere che la grandezza solita sia superata o diminuita di qualche grado; cosicchè al tempo del massimo splendore ora diventi uguale ad una stella di prima, ora di terza o anche quarta grandezza.

Un altro esempio d'una stella variabile di lungo periodo è la stella χ *Cygni* (situata tra β e γ della medesima costellazione), la quale nel periodo di 406 giorni scende dalla VI grandezza alla XIII.

565. — Un tipo non meno classico d'un **periodo breve** assai regolare offre la stella **Algol** (β *Persei*), la quale comunemente è una stella di II grandezza (più precisamente di 2,2). Nel breve tempo però di circa 69 ore ovvero di 2 giorni, 20 ore, 48 minuti e 53,7 secondi, la stella scende alla grandezza 3,7 che ritiene per circa cinque ore, per salire poi di nuovo alla solita seconda; il tempo totale dalla discesa dalla gran-

(1) *Succincta historiola novae ac mirae stellae in collo Ceti, certis anni temporibus clare admodum affulgentis, rursus omnino evanescentis.* Gedani 1662.

Digitized by Google

dezza normale fino al ritorno alla medesima dura circa dieci ore. La figura 132 rappresenta graficamente l'andamento della luminosità variabile per due periodi consecutivi.

Periodi simili, del **tipo Algol**, mostrano le stelle β *Lyrae*, λ *Tauri* ($3^d\ 22^h\ 52^m$), *S Cancri* ($9^d\ 11^h\ 38^m$), δ *Librae* ($2^d\ 7^h\ 51^m$), *U Coronae* ($3^h\ 10^m\ 51^s$), *U Cephei* ($2^d\ 11^m\ 50^s$), *U Ophiochi* ($0^d\ 20^h\ 8^m$), *R Canis maj.* ($1^d\ 3^h\ 16^m$), *H Herculis* ($3^d\ 23^h\ 49^m\ 33^s$), ecc. Una variabile d'un periodo eccezionalmente breve di quattro ore soltanto, fu scoperta in Potsdam (1902) nella stella dell'Orsa maggiore

[B. D. + 56°, 1400 (1900.0): $9^h\ 36^m\ 44^s$ + 56° 24′,6]

la quale varia tra le grandezze 7,9 e 8,6 (*Astr. Nachr.* 3848).

566. — Un terzo tipo di stelle variabili è formato dalle **stelle fluttuanti**, le quali in un periodo più o meno incerto mo-

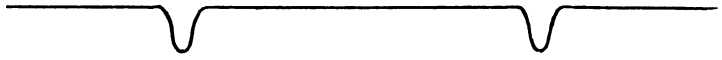


Fig. 132. Rappresentazione grafica della variabilità di Algol.

strano certe fluttuazioni di luce, la legge delle quali è ancora sconosciuta. Esempi di cotesto tipo sono α *Orionis*, α *Cassiopeiae*, *R Geminorum* e molte altre. *Betelgeuze*, per esempio, al tempo di Bayer (I, n. 15) superava in grandezza *Rigel*, donde la prima ebbe la lettera α, la seconda β. Ai tempi nostri β è senza dubbio più luminosa di α, che in rare occasioni si avvicina alla grandezza della sua rivale. J. Herschel credette d'avere accertato che il periodo delle fluttuazioni di *Betelgeuze* fosse di 196 giorni; osservazioni però più recenti mostrano l'incertezza di tale risultato. La variabilità di α *Cassiopeiae*, che ordinariamente mostra la luce d'una stella di III grandezza, fu constatata dal principio del secolo IX; essa si avvicina talvolta alla II grandezza, ossia più precisamente la sua luce oscilla tra grand. 2,2 e 2,8.

Prima di dare una spiegazione delle varie cause della variabilità delle stelle, non sarà fuori di proposito di spiegare brevemente i metodi, coi quali oggidì si sogliono accertare i vari gradi della variazione.

Digitized by Google

ART. III. — METODO DI OSSERVAZIONE DELLE STELLE VARIABILI.

567. — L'apparato per misurare l'intensità della luce d'una stella indipendentemente dalle stelle vicine è il già descritto fotometro (n. 78). Misure sistematiche con tali apparecchi furono fatte dal Seidler,(1) Wolf,(2) Preice,(3) Pickering,(4) Pritchard,(5) Müller e Kempf;(6) i **catalogi** rispettivi assegnano le consuete grandezze con gradi che esprimono il decimo (e perfino il centesimo) dell'intervallo tra l'una e l'altra; essi servono poi per l'osservazione della variabilità delle stelle vicine nel modo seguente stabilito dall'Argelander.

568. — Questo abile astronomo divide l'intervallo tra due grandezze consecutive (nel senso ordinario) in varii **gradi**. Nel campo del telescopio, oltre la stella variabile (α), si vedrà un numero di altre stelle, la grandezza delle quali sarà nota dai predetti catalogi. Scegliendo tra esse una (β) in apparenza pressochè uguale alla variabile, cosicchè ora l'una (α) ora l'altra (β) sembra la più luminosa, si scriverà nel libro di osservazione $\alpha = \beta$, ovvero ancora più brevemente $\alpha\,\beta$ ovvero $\beta\,\alpha$. Se invece nei varii confronti alle volte α sembra piuttosto superare alquanto β, si dirà che la prima supera la seconda di *un grado*, esprimendolo semplicemente colla formola $\alpha\,1\,\beta$. Se la maggiore luminosità di α pare fuor di dubbio, si esprimerà questa superiorità (meno dubbia) colla differenza di *due gradi*: sarà $\alpha\,2\,\beta$. Se il dubbio viene tolto al primo confronto delle due stelle, avremo $\alpha\,3\,\beta$; se esso è affatto escluso, ossia se la superiorità di α è certa, sarà $\alpha\,4\,\beta$.

Il metodo indicato darà risultati ancora più sicuri, se invece di una stella di confronto (α), se ne possono scegliere due

(1) *Denkschriften der k. bayr. Akad. d. Wissenschaften* 1861. Questa memoria contiene 208 stelle.

(2) *Photometrische Beobachtungen an Fixsternen* (con 1130 stelle).

(3) *Misure fotometriche di 494 stelle.* 1872-1875.

(4) *Harward Photometry*, 1884 (con 4260 stelle). *Photometric revision of the* DURCHMUSTERUNG, 1891.

(5) *Uranometria nova Oxoniensis* (con 2784 stelle).

(6) *Photometrische Durchmusterung des nördlichen Himmels*; con tutte le stelle della BONNER DURCHMUSTERUNG (*B. D.*) fino alla grandezza 7,5.

Digitized by Google

(α e γ) di grandezza conosciuta, della quale l'una è più grande l'altra più piccola della variabile, cioè $\alpha > \beta > \gamma$. Il numero dei *gradi* da stabilirsi tra α e γ, dipenderà dalla differenza di questi: sia per esempio $\alpha = 5{,}5$, $\beta = 5{,}9$; allora la differenza tra α e β sarà di 4 gradi, ossia $^4/_{10} = 0{,}4$. Trovando quindi α 2 β 2 γ, sarà $\beta = 5{,}7$.

569. — Per facilitare vieppiù l'osservazione delle stelle variabili il nostro collega P. Hagen S. J., direttore dell'osservatorio di Georgetown presso Washington (St. U.) ha pubblicato un **Atlante speciale**,[1] nel quale ciascuna variabile, circondata da un buon numero di *stelle di confronto*, forma il centro d'una carta; il catalogo, che accompagna l'atlante, dà *il grado* di luminosità di tutte le stelle notate.[2] Con questo mezzo anche un semplice dilettante di osservazioni astronomiche può senza difficoltà distinguere la variabile dalle altre stelle vicine ed inoltre fare dei confronti giornalieri, utilissimi al progresso di questo ramo importante della fisica stellare. L'utilità di una tal opera è stata generalmente riconosciuta dall'uso universale di simili carte speciali, pubblicate dallo stesso autore in occasione della comparsa della *Nova Persei*. La precisione delle moltissime osservazioni fatte in tutto il mondo in quell'occasione fu in grandissima parte dovuta alla prontezza, colla quale il P. Hagen mise in mano di tutti questo potente aiuto.

Art. IV. — Spiegazioni teoriche.

570. — La variabilità delle stelle, specialmente quella di breve periodo, potrebbe spiegarsi colla supposizione di **occul-**

(1) *Atlas Stellarum Variabilium* (F. Dames, Berlin 1898). Tutta l'opera è divisa in cinque serie; le prime tre serie contengono le (150) variabili con *minimi* inferiori alla decima grandezza, visibili nelle nostre latitudini, ordinate secondo le loro declinazioni, cioè I da $-25°$ a $0°$, II da $0°$ a $+25°$, III da $+25°$ a $90°$. La IV serie contiene le stelle variabili fino alla decima grandezza che richiedono l'uso di un equatoriale di moderate dimensioni (8 cm.); la V rappresenta tutte le variabili visibili ad occhio nudo o almeno per mezzo d'un binocolo (VI–VII grand.). Ciascuna serie può essere acquistata separamente.

(2) Il catalogo delle stelle di confronto che accompagna ciascuna carta è ordinato secondo i predetti *gradi*, i quali però coi loro intermezzi si cambiano facilmente nelle scale ordinarie di *grandezze*. Cfr. *Astr. Nachr.* nn. 3459, 3523.

Digitized by Google

tazioni od **eclissi** più o meno regolari, cagionate da corpi celesti oscuri, che a foggia dei nostri pianeti girano intorno a quei soli lontani.

Anzi potrebbe darsi anche il caso che un sole luminoso giri intorno ad una massa più grande relativamente oscura, ovvero che due corpi di masse pressochè uguali siano trasportati intorno al loro centro comune di gravità (I, n. 618). Che tale fosse il caso di Algol, fu sospettato da lungo tempo; la prova definitiva però venne data dalle osservazioni spettroscopiche. Se il periodo era dovuto all'interposizione d'una stella compagna oscura, la stella luminosa doveva per un giorno e dieci ore muoversi verso la Terra, ed allontanarsi dalla medesima per un uguale intervallo di tempo. Secondo il principio di Doppler (n. 67) si dovea osservare uno spostamento delle linee spettrali in senso contrario, cosa di poi veramente osservata. Secondo le ricerche di Vogel e Scheiner la stella luminosa (β *Persei*) descrive la sua orbita colla velocità (media) di 42 km. al secondo.(1)

571. — La spiegazione data si adatta in generale alle stelle variabili del *tipo Algol*, se esse appartengono al primo tipo spettroscopico (n. 547). Un'altra spiegazione non meno probabile (specialmente per le stelle di tipo spettrale diverso) suppone che la stella variabile sia in parte coperta di **macchie oscure**, più o meno permanenti, le quali a modo delle macchie solari mostrano dei periodi brevi, dovuti alla rotazione del corpo luminoso, e periodi lunghi, dovuti all'attività periodica (n. 318); anzi il nostro Sole stesso, veduto da distanze competenti apparirebbe come una variabile di questo genere.

Dove un periodo assai breve di variabilità si mostra congiunto con grande stabilità e regolarità della medesima, le dette macchie avranno già acquistato un certo grado di consistenza; ciò però non esclude che cataclismi improvvisi cambino di tempo in tempo questo stato di cose.

Si noti poi che nel caso di due astri vicini, al tempo del passaggio al periastro (I, n. 620), vi può essere un **flusso straordinario** dell'atmosfera assorbente da un astro all'altro,

(1) Da ciò risulta che la curva (media circolare) percorsa dall'Algol ha un raggio di circa 1 700 000 km. La stella principale ha probabilmente un diametro soltanto doppio del diametro della compagna.

Digitized by Google

che renderebbe la parte opposta dell'astro luminoso meno assorbente; l'astro oscuro invece, alleggerito dalla pressione sovrastante potrebbe produrre eruzioni gassose straordinarie.

572. — Quando il tipo spettrale osservato non permette queste spiegazioni, si potrebbe pure ricorrere alla supposizione di un corpo celeste non perfettamente rotondo, di **figura ellissoidale**, un cosidetto *ellissoide di rotazione a tre assi diversi* (I, n. 306), il quale giri intorno ad uno degli assi minori, presentando a noi una superficie apparente ora maggiore, ora minore, e quindi più o meno luminosa. Anche una semplice depressione polare combinata con un moto conico simile a quello dell'ellissoide terrestre (I, n. 439) potrebbe cagionare somiglianti aspetti. Ricordiamo pure in quest'occasione quello che è stato detto di sopra sulla variazione degli asteroidi e sulla loro forma possibilmente irregolare con superficie riflettenti diverse (n. 521).

573. — In quanto alle **stelle nuove**, oltre la variabilità c'è anche da spiegare la loro comparsa più o meno subitanea sulla sfera celeste. Sarà cosa poco probabile che i raggi luminosi di tali stelle ora soltanto arrivino a noi. Le distanze stellari sono veramente grandissime, o come suol dirsi semplicemente infinite, cioè la massima parte di esse non mostrano parallasse di sorta (I, n. 433). Se la luce della stella a noi più vicina (*α Centauri*) impiega già circa quattro anni, per arrivare da quelle regioni lontane fino a noi; se quella di altre (con parallasse ancora misurabile, impiega a ciò 10, anzi 30, ovvero 100 anni, non è affatto improbabile che vi siano tra i miliardi di stelle visibili anche di quelle, che vogliono fino a mille, e parecchie migliaia di *anni di luce*, a mandare i loro telegrammi ottici alla nostra Terra. Per qualcheduna il periodo potrebbe così risalire all'epoca della sua creazione o prima evoluzione, alla quale noi assisteremmo al presente.

Tale spiegazione, sebbene poco probabile, non è perciò priva di fondamento veramente scientifico.[1]

(1) Assolutamente parlando non è neppure esclusa l'ipotesi che una stella tale, per una ragione da noi sconosciuta, sia stata creata lungo tempo dopo le altre.

A questo proposito vogliamo qui ricordare che alcuni autori nell'elenco delle *Stelle Nuove* enumerano anche la *Stella di Betlemme*, della quale parla

Digitized by Google

574. — Più accettabile sembra la spiegazione che nel caso d' una stella nuova si tratti di un corpo celeste, fino allora troppo oscuro ad essere veduto da noi, il quale per una **catastrofe qualunque** diventi luminoso. L'esistenza di tali corpi è resa più che probabile da ciò che osserviamo nel nostro sistema solare co' suoi numerosi pianeti e pianetini oscuri; anzi l'esistenza di astri oscuri, anche tra le stelle fisse, in parecchi casi (Algol, Sirio, ecc.), è messa fuori di dubbio dall'influsso che esercitano sui corpi luminosi vicini.

Supponiamo dunque un corpo tale oscuro arrivato ad uno **stadio geologico**, nel quale la corteccia solida formata non sia ancora capace di resistere alla pressione laterale, cagionata dalla contrazione successiva e lenta della massa intera (n. 109). Vi sarà un momento, quando la corteccia si romperà, le masse interne roventi e fluide si spargeranno come un mare di fuoco sulla superficie del corpo celeste, il quale comincerà a splendere di nuovo di luce propria. Abbiamo di sopra constatati simili cataclismi sulla Terra (n. 104), sulla Luna (n. 233), sui pianeti (n. 425), i quali senza dubbio trovano i loro casi analoghi tra le molte stelle del firmamento. Le masse così proiettate sono però esposte ad un raffreddamento più accelerato del primo; quindi nessuna meraviglia che la *stella nuova* scemi presto in luminosità, ossia in grandezza apparente, per diventare in breve tempo di nuovo del tutto invisibile; anzi gli stessi casi di recrudescenza di simili cataclismi troverebbero così una spiegazione abbastanza naturale.

la Sacra Scrittura (Matth. II). Secondo il racconto biblico si tratta però in questo caso d'una apparizione miracolosa, visibile come pare soltanto a pochi privilegiati. I modi poi, nei quali Iddio poteva produrre quell'apparenza straordinaria, sono varii e facilmente imaginabili. Le varie sentenze degli astronomi e dei dottori ecclesiastici intorno alla medesima trovansi raccolti nell'*Almagesto* del P. Riccioli (II, 179-193). Anche Keplero si occupò di questa stella. Credendo che in generale la grande congiunzione dei pianeti ♄, ♃, ♂ fosse favorevole all'apparizione di stelle nuove, e supponendo che Iddio nella produzione (miracolosa) di quella straordinaria abbia voluto mantenere questo nesso, ne sperava qualche appoggio (assai labile) per la determinazione dell'anno controverso della nascita di Cristo (Kepl. Op. ed. Frisch, II, 709). Lo storico Ideler erra quindi dicendo che Keplero abbia semplicemente sostituito la grande congiunzione dei pianeti alla stella di Betlemme. Simili errori storici sono stati confutati dal P. Hagen (*Laacher Stimmen*, Freiburg, 1895, vol. 48, p. 155 sgg.)

Digitized by Google

575. — La **collisione** di due corpi oscuri, che s'incontrano in quegli spazi lontani, potrebbe pure rendere ragione della comparsa d'una stella nuova e delle sue vicende.

Nell'urto scambievole tra le due masse, i moti di traslazione dei medesimi si trasformerebbero in gran parte in moti interni molecolari, ossia in calore, l'intensità dei quali renderebbe tutta quella massa incandescente e quindi luminosa (n. 339). Le nostre meteore o stelle cadenti (I, n. 601), rappresentano in piccolo questo caso. Se l'incontro del nostro globo terrestre con una nube di materia cosmica produce già quelle brillanti pioggie meteoriche, descritte di sopra, quanto più simili incontri sopra maggiore scala potranno effettuarsi nell'immensità degli spazii interstellari!

576. — Un grande **incendio mondiale** potrebbe finalmente essere la causa dell'apparizione d'una stella, non veduta prima. Il nostro Sole colla perdita continua di calore, perde anche il suo splendore, e se non viene qualche compenso esterno (straordinario) esso dovrà un giorno se non spegnersi del tutto, almeno diventare invisibile nelle regioni celesti abbastanza lontane (n. 338). Col calore della temperatura del Sole diventa però possibile la **combinazione chimica** degli elementi che compongono la massa solare, e queste combinazioni facendosi ad un tempo sopra scala vastissima, cagioneranno un vero incendio, una rinnovazione temporanea della perduta luminosità. Similmente le stelle già estinte pei nostri sguardi, arrivando ad uno stadio simile, saranno il teatro di terribili esplosioni e conflagrazioni, che le rendono non solamente visibili, ma che le fanno sorpassare in splendore per breve tempo tutte le altre stelle del firmamento.

577. — La spiegazione nei singoli casi dipenderà dall'osservazione, specialmente dalle **ricerche spettroscopiche**, le quali determinano non solamente la natura delle sostanze che ivi bruciano, ma eziandio l'andamento delle loro convulsioni interne, e forse perfino le temperature probabili di quelle masse incandescenti.[1]

(1) Il sig. Scheiner, dell'osservatorio di Potsdam, analizzando specialmente due righe del magnesio (448,1 μμ e 435,2 μμ), credette d'aver trovato una guida sicura a poter assegnare ai tre tipi spettrali delle stelle

Digitized by Google

Le stelle variabili di periodo lungo appartengono ordinariamente al terzo tipo (n. 549), parecchie righe dell'idrogeno Hβ, Hγ, Hδ (n. 56) sono lucide. Lo spettro delle stelle nuove molto luminose è di natura assai complessa, specialmente negli stadii più brillanti della loro esistenza, cosicchè viceversa la scoperta d'uno spettro simile in una stella, finora non esaminata, può essere un indizio della sua *Novità*. Mentre che le Nuove poi diminuiscono in grandezza o luminosità, il loro spettro assume vieppiù il carattere delle variabili ordinarie, ovvero quello d'una nebulosa gassosa. La **Nova Persei** (n. 561), per es., come annunziò a suo tempo il P. Sidgreaves S. I. dell'osservatorio di Stonyhurst, mostrò insieme a tre minimi relativi (nei giorni 22, 25 e 28 marzo 1901) variazioni considerevoli nello spettro, come nel colorito generale. Poco dopo la scoperta della Nuova si notarono spostamenti straordinari, specialmente nelle righe del calcio ed idrogeno che sembravano indicare violentissimi trasporti, talvolta in sensi opposti, di quei gas incandescenti sulla stella. Più tardi E. Pickering constatò la sovrapposizione di due spettri diversi, uno normale abbastanza luminoso e continuo colle righe dell'idrogeno nella loro posizione ordinaria; l'altro particolare, più debole, anch'esso continuo, con alcune righe idrogeniche ben marcate e apparentemente spostate. Mentre la luminosità del primo scemava, quella del secondo invece aumentò. Nel mese di agosto si scoprì fotograficamente un involucro nebuloso intorno alla Nuova, il quale co' suoi cambiamenti bizzarri, fu dipoi anche osservato direttamente. Insomma tutto fa supporre che quella Nuova fu il risultato di una collisione meteorica gigantesca, cioè che un corpo oscuro, composto principalmente di calcio, dotato d'un moto progressivo di circa 18 km. al secondo, fu invaso da una massa idrogenica colla velocità contraria di circa 700 km.

una relativa temperatura da 15 000° a 20 000° al I tipo, da 3500° a 5000° al II, e fino a 3000° al III tipo. Una discussione critica di cotesti risultati, fatta dai sigg. Hartmann, Eberhard e Vogel dimostra l'insufficienza, per conclusioni così precise, dei dati scientifici finora ottenuti. Cfr. *Astr. Nachr.* nn. 3855, 3858, 3861.

Digitized by Google

CAPITOLO IV.

GRUPPI STELLARI E NEBULOSE.

578. — Un primo aspetto del cielo stellato c'insegna che le stelle non sono ugualmente distribuite sulla volta celeste. Vi sono delle regioni relativamente povere di stelle (visibili ad occhio nudo), mentre in altre i punti brillanti si condensano in veri **gruppi** o **cumuli**, qua e là talmente agglomerati che l'occhio nudo vede soltanto una specie di nebbia biancastra con puntini scintillanti appena discernibili. Tali condensamenti di stelle furono perciò dagli antichi semplicemente chiamati

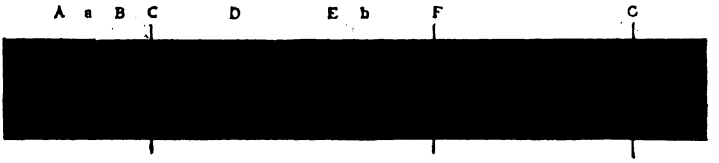


Fig. 133. Spettro delle Nebulose.

Nebulose. La più notevole tra esse era la nota grandiosa *Via lattea*, la quale come un fiume immenso di luce attraversa le regioni stellari.

L'invenzione del telescopio e la sua prima applicazione a queste formazioni, fino allora soggette alle congetture più bizzarre, sciolse quasi per incanto il grande problema, mostrando che non si trattava di altro che di stellette innumerevoli, le quali si fecero vedere in numero tanto più grande, quanto era più potente la forza visuale del nuovo strumento.

579. — Tuttavia la **distinzione** in gruppi stellari e nebulose è rimasta; chiamandosi dipoi nebulose i gruppi fin allora irresolubili. Lo spettroscopio però ha dimostrato più tardi che questa irresolubilità non è una mera conseguenza dell'insufficienza del potere ottico dei telescopi, ma che vi è una distinzione più essenziale tra gli uni e le altre, essendo le vere nebulose composte di puri gas incandescenti, non ancora abbastanza condensati, a dare uno spettro continuo. Veduti nello spettroscopio i gruppi stellari mostrano spettri più o meno continui, mentre le nebulose presentano soltanto tre

Digitized by Google

o quattro righe luminose, una nell'azzurro, due nel verde ed una nel rosso (Fig. 133), le quali appartengono ordinariamente all'idrogeno e nitrogeno.

580. — Lo stesso spettroscopio ha fornito il mezzo di riconoscere gruppi stellari, dove la visione diretta telescopica mostra una stella sola. Un **gruppo spettroscopico** tale ammiriamo, per es., nella Stella polare, la quale da lungo tempo era nota come stella doppia (I, n. 627), avendo essa una compagna (alquanto variabile di IX grandezza) ben visibile in un telescopio di 8 a 10 cm. di apertura.[1] La stella principale (*α Ursae min.*) sembrava una stella sola, di II gr.; ora invece sappiamo dagli spostamenti delle righe, osservati nel suo spettro (n. 69), che essa è composta di tre stelle, due delle quali nel breve periodo di quattro giorni compiono un giro una intorno all'altra con una velocità media di 3 km. al secondo. Tutto il sistema delle tre stelle si aggira in quindici anni incirca intorno al centro comune di gravità con una velocità media di 6 km.

581. — Interessantissimo è pure il modo (inventato dal professore See dell'Università di Chicago)[2] col quale lo spettroscopio arriva a decifrare le **distanze enormi** di tali sistemi di stelle doppie o multiple, allorquando una misura diretta della parallasse (I, n. 433) sembra impossibile. Lo spostamento relativo delle righe d'un binario, per es., fornisce la velocità media (v) colla quale le stelle componenti girano l'una intorno all'altra, rivelando pure il tempo periodico (t) nel quale avviene un giro completo. Si potrà quindi (supponendo un'orbita circolare) dedurne il raggio (r) dell'orbita, essendo $v = 2r\pi : t$. Misurando direttamente il valore angolare di r, la distanza (d) sarà l'ipotenusa d'un triangolo rettangolare dato.

Stelle doppie adattate a tale determinazione sono, per es., δ *Centauri*, η *Cassiopeiae*, γ *Virginis*, β *Delphini* ed altre in-

(1) La stelletta dista (in direzione SSW) circa 18″ dalla principale; la variazione appena percettibile di questa distanza dimostra la lentezza colla quale la stella secondaria compie la sua rivoluzione d'un periodo di circa 7200 anni intorno alla principale. La parallasse di 0″,08 suppone l'enorme distanza di 40 *anni di luce* di quei sistemi, che perciò devono avere delle dimensioni veramente colossali.

(2) *Astr. Nachrichten*, n. 3314.

Digitized by Google

numerevoli. Forse il metodo accennato, debitamente perfezionato, sarà capace di darci un'idea più adeguata sulla struttura dell'universo e sui mondi particolari che formano le sue parti.

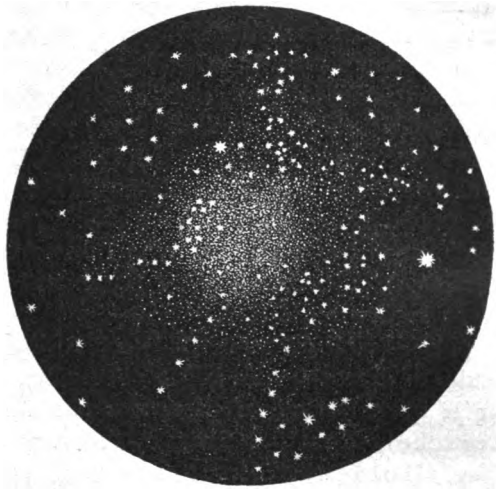


Fig. 135. Cumulo stellare nell'Acquario.

Fig. 134. Cumulo stellare nei Levrieri.

ART. I.
GRUPPI STELLARI PIÙ NOTEVOLI.

582. — Sono ben noti alcuni gruppi stellari, visibili ad occhio nudo, come le Pleiadi e le Iadi (nel Toro), il Presepio (nel Cancro), la Chioma di Berenice, la testa di Medusa (in Perseo) ed altri simili. Molti sono poi i gruppi telescopici.

Le figure 134 e 135 tolte dal *Quadro fisico* del P. Secchi, mostrano due bei gruppi: il primo trovasi nella costellazione dei **Levrieri** ($\text{Æ} = 13^h\ 36^m$; Decl.$= +29°11'$), l' altro nell' **Acquario** ($\text{Æ} = 21^h\ 25^m$; Decl.$= -1°\ 34'$). I loro diametri apparenti arrivano appena a 6′ (escluse le stelle più distanti). Altri simili vedonsi nelle costellazioni della *Libra*, di *Ercole*,

Digitized by Google

dei *Gemelli*, del *Serpentario*, ecc. L'aspetto telescopico di cotesti agglomeramenti di stelle ha qualche cosa di sorprendente e d'incantevole; il numero delle stellette talvolta sfida ogni arte ed ogni descrizione. Alcuni si presentano come globi, formati di punti scintillanti, impenetrabili al centro; altri come ammassi fantastici di gemme preziose, i colori delle quali sono inimitabili; in altri il fondo oscuro del cielo sembra semplicemente cosparso di polvere di diamanti. L'insieme più bello di cotali gruppi, visibile ad occhio nudo, che rapisce lo sguardo del contemplatore del cielo australe, sfortunatamente si nasconde al presente per noi sotto l'orizzonte. Esso venne già descritto dalla Scrittura come **Tesoreria celeste** e trovasi presso la Croce del Sud. (1)

583. — Non appartiene allo scopo di questo nostro compendio di dare una descrizione più minuta, dei gruppi stellari, per la quale rimandiamo il lettore alle opere voluminose di Herschel, Messier, Smyth, Auwers, Schultz, d'Arrest, Holden, Rosse, Lassell, ecc. Qui dobbiamo contentarci di una piccola **lista dei più belli** oggetti di questa specie ordinati secondo le coordinate equatoriali, presi dai cataloghi copiosi dell'Herschel (H) e Messier (M); astenendoci pure dalla riproduzione di altre figure, le quali sebbene fatte con tutti i perfezionamenti dell'arte moderna, non

(1) *Qui facit Arcturum et Oriona et Hyadas et interiora Austri* (Iob IX, 9). È uno dei non pochi meriti dell'illustre Schiaparelli di aver rischiarato l'ultima espressione un poco oscura del testo citato, mostrando che con quell'*interiora (penetralia) Austri* non viene indicato altro che quella parte del cielo australe brillantissima di stelle, visibile (a cagione della precessione degli equinozi) al tempo di Giobbe sull'orizzonte della Palestina. Una traduzione più significativa di quel luogo sarebbe quindi « *i gioielli del cielo australe* ». Autori come A. Humboldt, Herschel ed altri attestano quello che noi stessi potremmo confermare colla propria esperienza, fatta nelle Indie orientali, che lo splendore di quella regione in mezzo alla Via lattea è tale che, appena levata sopra l'orizzonte, illumina a foggia della giovane Luna il cielo, attraendo immediatamente gli sguardi di tutti. Cfr. *Rivista di fisica* ecc. Pavia 1903, p. 1–23.

L'interpretazione accennata sembra pure confermata da un'epopea antichissima babilonica, recentemente decifrata dal nostro collega P. Kugler S. I., nella quale quella regione celeste viene comparata ad alberi del paradiso, i frutti dei quali sono altrettanti gioielli, « Die Sternenfahrt des Gilgamesch » (*Stimmen aus Maria Laach*, 1904, vol. LXVI).

Digitized by Google

potrebbero dare che un'idea assai imperfetta e soltanto approssimativa di quello che vedesi nel telescopio, specialmente nei grandi strumenti moderni.

Numero	Costellazione	Ascens. retta	Declinazione
H 2322	Tucano	$0^h\ 17^m$	$-\ 72^\circ\ 51'$
H 3275	Croce	12 45	— 59 35
H 3504	ω Centauro	13 18	— 46 35
M 3	Levrieri	13 36	+ 29 5
M 5	Libra	15 11	+ 2 37
M 13	Ercole	16 37	+ 36 43
M 10	Serpentario	16 50	— 3 52
M 9	Serpentario	17 11	— 18 23
M 92	Ercole	17 13	+ 43 16
M 14	Serpentario	17 30	— 3 9
M 11	Antinoo	18 44	— 6 26
M ...	Delfino	20 27	+ 6 57
M 15	Pegaso	21 23	+ 11 33
M 2	Acquario	21 26	— 1 27

584. — Il costante accompagno di stelle disposte a raggi, dice il P. Secchi, porta all'induzione che anche queste appartengano alla massa integrale del gruppo, la quale si è andata condensando e solidificando in astri speciali, mentre la centrale non è ancora completamente compatta, benchè anch'essa sia già arrivata ad una condensazione e temperatura, insufficiente a dare uno spettro lineare simile a quello delle nebulose, tranne in qualche caso eccezionale. È pure da notarsi che cotesti gruppi si trovano quasi tutti sulla **zona** delle stelle grandi, che comprende le costellazioni del Toro, d'Orione, della Croce del Sud, ritornando pel Centauro e lo Scor-

Digitized by Google

pione all'emisfero boreale verso la Lira, attraversando Cassiopeia e Perseo, in modo da raggrupparsi intorno ad un circolo massimo della sfera celeste, i due poli del quale trovansi presso le stelle ξ Orsa maggiore ed α Pesce australe (*Fomalhaut*). Ritorneremo altrove su queste idee generali, le quali potranno servirci di guida nelle discussioni cosmologiche e cosmogoniche dell'universo.

Art. II. — La Via Lattea (γαλαξίας).

585. — Questa **zona luminosa** (Fig. 136), composta di innumerevoli stellette, segue anch'essa pressochè la direzione d'un circolo massimo della sfera celeste.[1] Non è una striscia continua, nè ugualmente larga per tutto il circuito, ma una serie di chiazze più o meno luminose. La massima larghezza osservasi circa la costellazione del Cigno, dalla quale passando per l'Aquila, essa si divide in due rami; il ramo principale si dirige per Antinoo verso il Sagittario, mentre l'altro minore, dopo una breve interruzione, ricomparisce in Ofiuco, per riunirsi di nuovo e con luminosità più spiccata al primo, passando per la Croce del Sud, per la grande costellazione della Nave Argo, del Cane maggiore, per diffondersi con luce indebolita nell'ampio spazio tra le costellazioni del Toro e dei Gemelli. Restringendosi di nuovo verso il Cocchiere, passa poi con maggiore ampiezza per Perseo e per Cassiopea fino al Cigno, dove abbiamo cominciato a seguire il suo andamento.

586. — Notevoli nella Galassia sono due lacune ovali, detti **Sacchi di carbone** presso la costellazione della Croce del Sud, come pure due vaste masse lucide, le cosidette **Nubi di Magellano**, nella costellazione dell'Idro (I, n. 17), che sembrano pezzi staccati ed isolati della Via lattea. La lacuna più grande di forma ellissoidale ha un asse maggiore di 8°, un asse minore di 5°. In tutto questo spazio ad occhio nudo si vede una stelletta sola di sesta grandezza (il telescopio ne mostra una quarantina più minute); Herschel nominò quindi

(1) La linea mediana è piuttosto un circolo minore, distante circa 5° dal massimo più vicino.

Digitized by Google

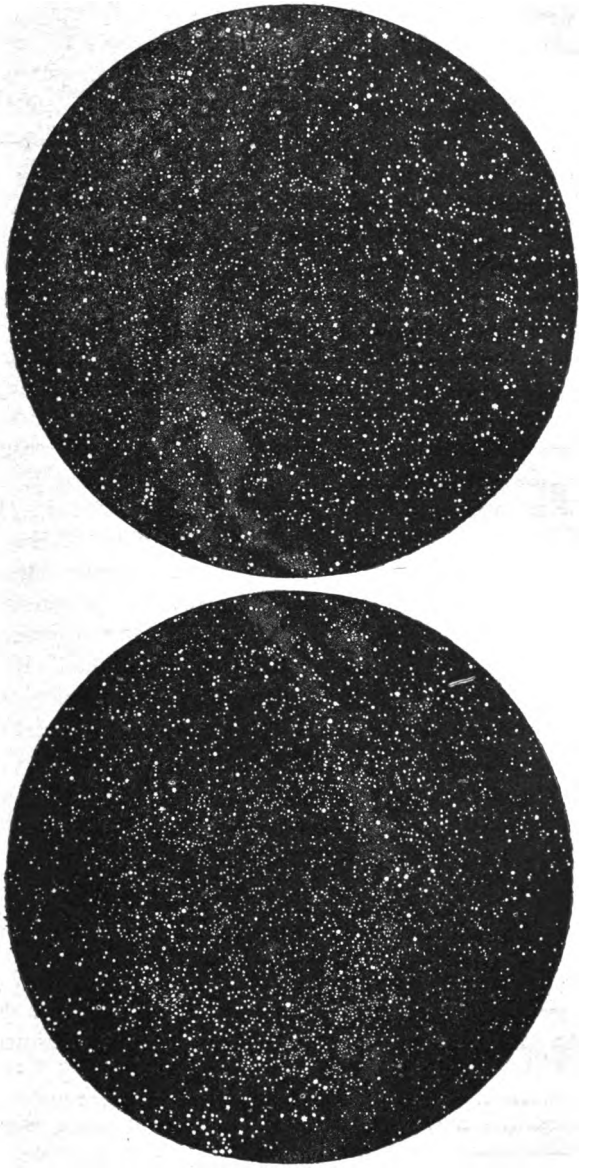


Fig. 136. La Via lattea in mezzo alle stelle visibili ad occhio nudo.

Digitized by Google

non senza ragione quelle lacune *aperture nel cielo* (openings). La maggiore Nube di Magellano copre uno spazio di 42 gradi quadrati e contiene, secondo i computi di J. Herschel, non meno di 582 stelle isolate, 291 nebulose minori e 46 cumuli stellari. La minore contiene nello spazio di 10 gradi quadrati circa 200 stelle isolate, 37 nebulose e 7 gruppi stellari.

Simili condensazioni di oggetti celesti trovansi in grande copia nella stessa Via lattea; anzi talvolta le chiazze più luminose di essa si presentano come proiezioni di innumerevoli ammassi, dei quali gli uni in apparenza si sovrappongono agli altri. Sembrano veri **labirinti di mondi** sterminati nei quali l'occhio, sebbene armato del telescopio più potente, si perde, cercando invano un uscio nella profondità immensa dello spazio (cfr. Fig. 11; I, n. 22).

587. — Molti tentativi sono stati fatti per decifrare quelle masse nebulose della Via lattea. Dopo il già lodato J. Herschel se ne occuparono J. Schmitt (Atene), l'Heis (Münster), il Klein (Köln), l'Houzeau (Bruxelles), l'Easton (Dortrecht), il Celoria (Milano), il Boeddiker (Birr Castle), il Wolf (Zurigo), il Barnard, ecc. La fotografia specialmente rende sempre più evidente che l'aspetto generale è causato da milioni e **miliardi di stellette**, le quali oltrepassano il potere ottico dei nostri telescopi; proiettandosi le une sopra le altre esse formano quell'aspetto granulare, del quale parlano gli osservatori, cosa del resto già sospettata da parecchi astronomi antichi (Anassagora, Laerzio, Plutarco, Tolomeo;[1] lo stesso poeta astronomico Manilio, benchè dubitando, esprimeva questa sentenza nei versi:

> An maior densa stellarum turba corona
> Contexit flammas et crasso lumine candet
> Et fulgore nitet collato clarior orbis?

588. — Non è ancora qui il luogo di pronunziarci definitivamente sulla struttura dell'Universo; riassumiamo

(1) Aristotele credeva la Via lattea essere un fenomeno atmosferico (*Meteorol.* l. I, c. 8) e la sua autorità conferì non poco a mantenere questa curiosa sentenza, del resto già confutata dall'Averroes († 1198), il quale allegò meritamente contro di essa la mancanza di parallasse. Cfr. Ricciolus, *Almag. Nov.* I, 475.

Digitized by Google

soltanto le **conclusioni principali**, alle quali le ricerche sulla Via lattea hanno condotto finora:

Essa non è un semplice ammasso di stelle equidistanti, molto meno un anello uniforme di stelle minuscole, indipendenti dalle stelle di maggiore grandezza; benchè una certa regolarità di disposizione delle masse apparentemente caotiche di stelle innumerevoli non possa disconoscersi.

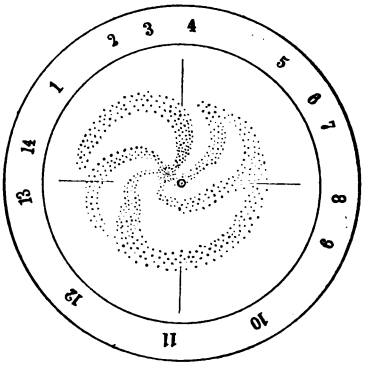


Fig. 137. Sistema spirale della galassia.

Forse migliore di tutte le altre spiegazioni è quella dell'Easton, che in tutto l'insieme crede di riconoscere un grande **sistema a spirale**, composto di spire diverse (cfr. Fig. 137), il nucleo centrale delle quali, veduto dal nostro sistema solare, si proietta verso la costellazione (1) del Cigno.[1] Da questo nucleo partirebbero cinque spire principali, avvolgentisi con rami giganteschi intorno al nostro sistema planetario (indicato dal cerchietto centrale della nostra figura), che formerebbe una cosa minutissima in mezzo ad esso.

Art. III. — Le Nebulose.

589. — Le nebulose, distinte dai gruppi stellari (n. 579), sono di **forma svariatissima**; generalmente esse imitano coi loro contorni la forma globulare dei pianeti, la figura ovale di un'ellisse, ovvero quella d'una spirale. Si sogliono perciò distinguere Nebulose *planetarie*, *ellittiche* e *spirali*; tutto il resto appartiene alla categoria delle *irregolari*.

(1) I numeri intorno alla nostra figura indicano le costellazioni: Cigno 1, Andromeda 2, Cefeo 3, Cassiopeia 4, Perseo 5, Cocchiere 6, Orione 7, Liocorno 8, Cane maggiore 9, Argo 10, Croce del Sud 11, Scorpione 12, Scudo 13, Aquila 14. Le due linee, incrociandosi sotto un angolo retto, indicano le regioni polari ed equatoriali. Il sistema ideato dal See (n. 581) di determinare la relativa distanza mediante stelle doppie, abilmente scelte, condurrebbe senza dubbio a risultati ancora più decisivi.

Digitized by Google

La figura 138 mostra un esempio di ciascuna classe, cioè la nebulosa planetaria insigne del **Sagittario**

$$Æ = 19^h\ 36^m\ 3^s;\ \text{Decl.} = -14^\circ\ 28'\ 52'';$$

la famosa nebulosa anulare della **Lira**

$$Æ = 18^h\ 48^m\ 20^s;\ \text{Decl.} = +32^\circ\ 51'\ 3''$$

tra le due stelle β e γ (circa un terzo della distanza da β), la bella nebulosa spirale nei **Levrieri**

$$Æ = 13^h\ 23^m\ 54^s;\ \text{Decl.} = +47^\circ\ 54'\ 56''.$$

Nella prima si crederebbe di vedere un pianeta tra le nubi, che lo circondano; la seconda sembra una ghirlanda di fiori

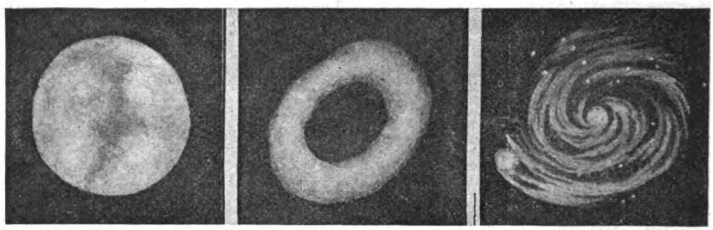


Fig. 138. Nebulosa planetaria, ellittica e spirale.

lucenti; la terza invece una ruota di fuoco con doppio vortice, la quale si avvolge intorno ad una massa centrale multipla con una condensazione minore, posta eccentricamente.

590. — L'esempio più noto d'una nebulosa irregolare è la grandiosa **Nebulosa di Orione**, la quale cuopre lo spazio di circa sette gradi quadrati all'Elsa nella spada del Gigante, involgendo la stella multipla (ϑ), composta di quattro stelline principali (il cosidetto *Trapezio*) con due altre più minute (che servono a misurare la forza ottica dei telescopi. I, n. 627). Scoperta nel 1618 dal P. Cysato S. J., discepolo e successore del P. Scheiner in Ingolstadt, essa ora è visibile in un binocolo ordinario,[1] ed è stata l'oggetto principale delle ricer-

(1) Galilei parla anche di una *Nebulosa Orionis*, designando però con ciò non l'oggetto scoperto dal Cysato, ma un cumulo di 21 stellette nella *testa* della gigantesca costellazione. Huygens dà una figura della vera nebulosa nel suo *Systema Saturnium*, descrivendola come un'apertura

Digitized by Google

che molteplici fatte sulle nebulose. La figura 139 è una riproduzione della figura pubblicata dal P. Secchi in una Memoria speciale (Firenze 1868).

Confrontando il suo disegno con quelli di altri autori (L. Rosse, Lassel, Ellery, Herschel, Struve, Bond, ecc.) e con

Fig. 139. Grande Nebulosa di Orione (secondo Secchi).

le varie fotografie, prese più recentemente, si scorgono certe differenze, che potrebbero accennare qualche variabilità ogget-

nel cielo, per la quale si vedono regioni brillantissime, ma lontanissime. Per farsi un'idea della estensione reale della nebulosa basta supporre per essa una distanza (minima) di 4 *anni di luce*; siccome essa ha l'apparente grandezza del Sole, dal quale i raggi luminosi arrivano a noi in 8 minuti soltanto, il suo diametro supererà tante volte quello del Sole (n. 263) quante volte 8 minuti sono contenuti in 4 anni!!

Digitized by Google

tiva; esse sono però molto più probabilmente dovute ai vari strumenti adoperati, all'acutezza dell'occhio dell'osservatore, all'abilità maggiore o minore del disegnatore, allo stato vario di purezza d'aria, al tempo di posa ed altre simili cause più o meno soggettive, le quali influiscono più dell'ordinario nell'osservazione e riproduzione di oggetti celesti di sfumature così delicate.

591. — Vi sono pure delle **Nebulose multiple**, composte cioè di due, tre e più fino a nove nebulose parziali; anzi la predetta Nebulosa di Orione appartiene già, come mostra la figura, in certo senso a questa categoria. Fu sospettato non senza fondamento, che tali gruppi a modo delle stelle multiple siano fisicamente connessi e dotati di movimenti orbitali; certi cambiamenti sembrano anche confermare l'ipotesi, ma a cagione dei lineamenti sfumati degli oggetti spostabili, è assai difficile di venire ad una conclusione certa. Osservazioni spettroscopiche, anch'esse però assai difficili, potranno forse col tempo risolvere i dubbi rimasti.

Il numero delle nebulose cresce come quello delle stelle colla potenza ottica degli strumenti telescopici, specialmente coll'applicazione della fotografia a questi oggetti celesti (n. 14).[1] Con stima ben fondata si può dire che in media ogni grado quadrato del cielo stellato mostra almeno tre nebulose, che porterebbe il numero totale a 120 000! La forma a spirale, che da principio fu creduta piuttosto eccezionale, si è invece verificata in un numero così grande di nebulose fotografate, che secondo il prof. Keeler (Lick) essa deve dirsi la predominante. Alcune di esse formano una spirale doppia a foggia di una S; tutte sembrano grandi ruote di fuoco irrigidite, le quali, benchè abbiano un moto di rotazione velocissima, sono troppo lontane a rivelare questo spostamento a noi, se non dopo lunghi periodi di osservazione (cfr. *Astr. Nachr.*, n. 3601).

(1) Fotografando per es. all'osservatorio di Lick la nota nebulosa (Messier 51) nella costellazione *dei Levrieri* si trovarono poscia sulla lastra rispettiva sette nebulose minori, fino allora sconosciute, sopra uno spazietto di appena un grado quadrato. Una fotografia d'una regione nel *Pegaso* (H. I, 53) ne mostrò una ventina; un'altra d'una parte celeste nell'*Andromeda* perfino 31!

Digitized by Google

592. — **La variabilità** di non poche nebulose è abbastanza accertata. Si scoprono di tempo in tempo delle nebulose finora non vedute (con istrumenti equivalenti); altre osservate fino allora, scompariscono alle volte completamente, ovvero variano in luminosità. Una nebulosa, per es., osservata per molti anni (1852–1868) nel *Toro*, è scomparsa. Un'altra, assai chiara nella *Balena* dal 1856 al 1865, impallidì gradualmente dopo questo periodo, per eclissarsi poi del tutto; ora però essa è ritornata al primitivo suo splendore. Variazioni simili sono state osservate in altre nebulose situate nelle costellazioni del Leone, Dragone, Argo (η), ecc. Esempi più recenti trovansi nelle *Astronomische Nachrichten* (n. 3097, ecc.).

La grande **nebulosa di Andromeda** sembrò per qualche tempo fornire un esempio raro di tale variabilità, osservandosi perfino una condensazione stellare in mezzo alla medesima, fatta a spesa della materia nebulosa circostante, che allo stesso tempo perdette non poco del suo splendore. Parecchi entusiasti di nuovi mondi già vedevano in questo processo una ripetizione di ciò che Kant e Laplace dissero della formazione del nostro sistema solare. Tutto però l'entusiasmo si spense presto, quando fu provato che la stella apparsa in mezzo alla nebulosa non aveva niente da fare con essa, ma apparteneva ad un altro mondo otticamente proiettato sulla nebulosa.[1] L'apparente consumo della materia nebulosa era semplicemente dovuto all' irradiazione della stella, dai raggi

(1) Questa bella nebulosa di forma lenticolare, forse l'unica del cielo ben visibile anche ad occhio nudo, trovasi presso la stella ν, occupando uno spazio, lungo 2 ½° e largo 1°. Mario, il primo osservatore telescopico di essa, la confronta con un lume visto attraverso una lamina di corno. In un telescopio abbastanza grande essa ha l'apparenza d'un sistema di anelli nebulosi, veduti in iscorcio, con ammassi più densi qua e là, che sembrano stellette. Infatti col grande rifrattore di Cambridge si contavano in essa nel marzo 1848 circa 1500 stelle minutissime; quest'osservazione diventa però un po' dubbia per la circostanza che Barnard, l'abile osservatore di Lick, col suo strumento maggiore non potè mai distinguere delle stelle oltre quelle poche conosciute, che si proiettano sopra di essa. Questa divergenza si spiega forse con ciò che il P. Secchi chiama *scintillazione delle nebulose*, la quale sembra provenire da certi ammassi particolari gassosi esistenti nella massa completa, che imitano lo splendore discontinuo stellare. Ad ogni modo lo spettroscopio dimostra la prevalenza delle masse gassose.

Digitized by Google

indeboliti della quale la nebulosa emerse intatta col suo consueto splendore.

593. — **Lo spettro delle nebulose** (cfr. Fig. 133, n. 579) è formato di poche righe luminose; una rossa (500,4 μμ) appartiene all'azoto; delle due verdi (495,7 μμ e 486,1 μμ), la seconda coincide colla F di Fraunhofer, ossia con H β dell'idrogeno; la riga azzurra (434,0 μμ) è identica con H γ dell'idrogeno (n. 56). La rossa è la più luminosa, mentre H γ è debolissima e talvolta appena discernibile. La mancanza della riga C = H α si spiega probabilmente per la bassa temperatura e pressione della relativa nebulosa.

Rare volte si vedono più righe, come per es. quella dell'elio D_3 (587,4 μμ), H δ dell'idrogeno (389,6 μμ), ecc. Uno spettro debole continuo, talvolta unito a quello delle righe brillanti, sembra indicare l'esistenza o la formazione di un nucleo più o meno solido, se non sia formato da qualche cumulo stellare nascosto dietro la nebulosa.(1)

Un criterio per sapere se stelle, osservate nell'interno d'una nebulosa, abbiano qualche **nesso fisico** colla nebulosa stessa, è stato scoperto dall'Huggins nel caso della nebulosa di Orione. Gli spettrogrammi presi di questa nebulosa mostrarono delle linee finissime, le quali in vicinanza delle note stelle del Trapezio (n. 590) aumentarono in intensità e numero. Da ciò si vede che le nebulose appartengono alle regioni stellari, e che frammiste tra le stelle medesime, esse non formano, come una volta si opinava, mondi celesti più lontani, del tutto separati dalle stelle isolate.

Per una lista completa delle nebulose rimettiamo ai **cataloghi** di Herschel, Messier, d'Arrest, Lassell, Vogel, Holden, ecc. Estratti minori trovansi nel libro del P. Secchi, *Le Stelle* (Catalogo *C*) e generalmente presso gli autori che trattano più estesamente di questo ramo dell'Astrofisica.

(1) A prima vista potrebbe sembrare strano che di oggetti così deboli si abbia potuto accertare la posizione delle righe con tanta precisione; si rifletta però che tutta questa luce nello spettroscopio si condensa appunto nelle poche righe visibili.

Digitized by Google

PARTE QUINTA

ASTROMETEORICA

594. — Meteore (μετέωρα) sogliono generalmente chiamarsi le apparenze straordinarie ed insolite, di natura più o meno variabile, che si vedono nell'aria o nel cielo. Siccome gli antichi, specialmente quelli della scuola Aristotelica, consideravano soltanto i corpi sublunari, cioè gli elementi che trovansi nell'interno della *sfera lunare* (I, n. 330) come variabili, ossia come soggetti a mutabilità, *le meteore* secondo essi avevano la loro sede nell'atmosfera del nostro globo terrestre. *La Meteorologia* moderna (n. 140) accettando in massima il concetto tradizionale, esclude viceversa dal suo dominio tutto ciò che accade fuori della nostra atmosfera, i limiti della quale sono molto più ristretti di quel che credevano gli antichi. Non solamente le stelle nuove, le comete, la Via lattea, ma perfino le stesse stelle cadenti (*meteore*) ed i cosidetti aeroliti (tutte cose trattate nei libri meteorologici antichi)[1] vengono, non senza buona ragione, escluse dai trattati moderni di questa scienza.

Noi, conformandoci alla giusta limitazione del concetto antico, ed interpretandolo secondo lo stato della scienza progredita, chiamiamo astrometeorici tutti quei fenomeni più o meno casuali o fugaci, che hanno la loro sede od origine

(1) Nei libri (*Meteorologicorum*) di Aristotele non si tratta solamente dei vapori, delle nuvole, della pioggia, rugiada, neve, grandine, dei venti, delle tempeste e dei temporali, degli aloni, dell'iride ecc., ma Aristotele dice espressamente che la Via lattea, le comete e le stelle cadenti non sono altro che alterazioni aeree. Alla stessa causa egli attribuisce i terremoti ed in generale i fenomeni principali della fisica terrestre, sui quali si vedano di sopra i num. 86, 152 e seguenti.

Le *stelle nuove* (n. 559) e la Via lattea (n. 585) per la loro origine e stabilità appartengono piuttosto al trattato particolare delle stelle fisse (n. 523 sg.).

Digitized by Google

fuori dell'atmosfera terrestre ed i quali, come vedremo, formano per così dire un vincolo di unione tra la Meteorologia e l'Astronomia. **Astrometeorica** chiamiamo quindi questa parte dell'Astrofisica, che tratta dei detti fenomeni.

CAPITOLO I.

LE COMETE.

ART. I. — PRENOZIONI STORICHE.

595. — Comete (κομήτης da κόμη, lat. *coma*, it. *chioma*) chiamarono gli antichi quegli astri o corpi luminosi celesti che

Fig. 140. Grande cometa del 1861.

appariscono straordinariamente in cielo, il più delle volte con appendici (*Code*) o trecce lucenti, dette Crini, donde l'espressione latina di *stella crinita* (quasi chiomata). **La forma** più sviluppata di esse vedesi rappresentata nella figura 140, raffigurante la grande cometa del 1861, nella quale si distinguono facilmente il nucleo colla sua aureola (detta *chioma*) e la coda leggermente curvata. **Le dimensioni** tanto apparenti quanto reali delle code sono diversissime; quella della nostra figura, una delle più grandiose, di cui resta memoria, copriva sul cielo un arco di circolo massimo di 120°. L'ultima grande cometa che osservammo nel 1883, mostrava una coda luminosa di circa 20° di lunghezza; quella del 1858 (*Donati*) di gradi 60. [1] Considerando che la materia luminosa che compone

(1) Rispetto alla nomenclatura delle varie comete, prima prevalse l'uso di chiamarle col nome dello scopritore (De Vico, Donati, d'Arrest, Encke ecc.). Siccome però molti astronomi scoprirono più d'una cometa, come distintivo più sicuro si suole ora indicare l'anno della scoperta con un numero romano che indica, tra le comete di quell'anno, il

Digitized by Google

cotesti astri curiosi si trova a distanza poco differente da quella del Sole (circa 150 milioni di km.), si comprende quanto enorme debba essere l'estensione reale di questi corpi volubili, l'insieme dei quali copre talvolta uno spazio equivalente alla distanza media della Terra dal Sole.

596. — Che tali fenomeni eccitassero da tempi remotissimi non solamente la curiosità degli spettatori, ma eziandio il terrore delle masse superstiziose, non farà meraviglia. Il volgo, dice Seneca, mostra poco interesse per le cose astronomiche;

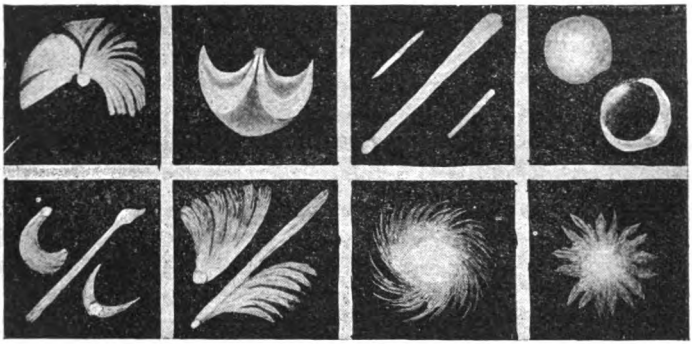


Fig. 141. Varie forme di comete (secondo Plinio).

le apparizioni straordinarie però, come un'eclisse del Sole o della Luna, lo commovono non poco, e quando appare una cometa, tutti la guardano; si osserva, si domanda, si teme, si trema; tutti vorrebbero sapere che cosa siano e che cosa presagiscano fenomeni così insoliti.[1] Plinio nella sua storia naturale ci dà una viva descrizione delle **forme svariatissime**, quasi tipiche, che sogliono avere le comete. Noi le riuniamo nell'apposito quadro (Fig. 141).[2] L'eccitata fantasia popolare

successivo passaggio al perielio. Così, per es., 1874 IV indica la cometa scoperta da *Coggia* il 29 agosto di quell'anno che era passata al perielio il 19 luglio; 1874 V invece quella di *Borelly* benchè scoperta prima (26 luglio), poichè essa passò al perielio il 26 agosto. La successiva scoperta si suole indicare con lettere *a, b, c, d, e*, ecc. cosicchè 1874 IV = 1874 *c*; 1874 V = 1874 *d*.

(1) Seneca, *Natur. quaest.* l. 7, c. 1.

(2) Vi sono comete (dice Plinio, l. c., lib. II, cap. 22) che appariscono o con peli lunghi sulla testa (Fig. 141) 1), o con barba folta intorno

Digitized by Google

però, come vedesi da certe imagini conservate, non si contentò della semplice descrizione delle forme reali, ma essa diede corpo e vita a quegli esseri misteriosi, ravvisando in essi ora un dragone minacciante; ora un conglomerato strano di armi bellicose insieme a teste mozzate, significanti guerre sterminatrici tra le varie nazioni; ora fulmini e saette lanciate in tutte le direzioni, segno dell'ira vendicatrice d'un Dio offeso, ecc.[1] Soltanto dopo che il progresso dell'Astromeccanica (I, n. 596) dimostrò ad evidenza, che anche questi astri insoliti obbediscono semplicemente alla legge della gravitazione universale, che regola il loro andamento come quello dei pianeti, e dopo che il telescopio fece vedere, che cotali astri vaghi (invisibili ad occhio nudo) mancano quasi mai sulla sfera celeste, allora quei timori più o meno vani, che invasero anche uomini seri e dotti, si dileguarono interamente.[2]

al nucleo 2). Alcune imitano la forma di pugnali sospesi o di lance o saette vibrate con impeto 3); altre invece sembrano dischi poco luminosi, ovvero corone riempite di luce fosforescente 4). Si vedono talvolta comete a foggia di corni curvati o di fiaccole ardenti 5), oppure con code argentee lunghe e folte che chiamano alla mente la chioma dei cavalli, ovvero i fiocchi d'uno stendardo 6); si osservano semplici ammassi luminosi con spire ardenti 7), ovvero circondate da chioma luminosa a foggia di raggi stellari 8).

Alle varie forme descritte da Plinio aggiungiamo alcuni esempi storici corrispondenti: 1) Cometa del 1861; 2) Cometa 1862 II; 3) grande Cometa 1680 e molte altre; 4) Cometa Henry 1873, Encke 1871; 5) Cometa Halley 1835, grande Cometa 1862 III, Cometa 1847 I; 6) la grande Cometa 1861, Cometa Donati 1858; 7) Cometa 1860 III (2 luglio); 8) Cometa 1661 secondo Hevel.

(1) Un compendio di quelle vedute più o meno superstiziose troviamo nei seguenti versi di Pontano († 1503):

Ventorum quoque certa dabunt tibi signa Cometae
Illi etiam belli motus, feraque arma minantur,
Magnorum et clades populorum, et funera regum.

Lo stesso si trova già indicato da Manilio (sec. 1) che scrive nel suo *Astronomicon*, l. I, v. 874:

Nunquam futilibus concanduit ignibus aether.

(2) A proposito delle cose qui accennate non sembrerà fuori di proposito di correggere un errore che s'introdusse in non pochi libri storici. Scrive per es. Arago nell'*Annuaire du bureau des Longitudes* per l'a. 1832, come segue: «Quando nel 1456 si vide comparire una splendida cometa (la quale dovrà poi ritornare nel 1835), il papa Calisto (III) ne fu

Digitized by Google

597. — Le comete telescopiche si distinguono difficilmente dalle nebulose (n. 589), se non per il loro spostamento tra le stelle fisse; talvolta sembrano anche semplici stellette o pianetini (n. 516). **Il numero** delle comete, disse già Keplero, è grandissimo, da confrontarsi con quello dei pesci nel mare. Come il Creatore, dice egli, ha voluto popolare i grandi oceani con pesci d'ogni specie e grandezza, così l'etere è popolato dalle comete, che lo attraversano in tutte le direzioni.(1) Arago valutò il numero di quelle sole, che entrano col loro perielio nello spazio interplanetario, cioè nell'interno dell' orbita di Nettuno, da circa 300 000 a 350 000.

così costernato, che ordinò per un certo tempo pubbliche preghiere, da recitarsi a mezzogiorno, nelle quali si scomunicò allo stesso tempo tanto le comete quanto i Turchi (*on excommuniait à la fois les comètes et les Turcs*); ed affinchè nessuno dimenticasse il dovere di recitarle, egli stabilì l'uso, rimasto poi fino ai tempi nostri, di suonare le campane a mezzogiorno ».

La storiella sembrava troppo bella a tanti scrittori, poco favorevoli alla S. Sede, per non essere omessa nei libri storici, anzi essa ha avuto nuovi abbellimenti dai Chambers, Grant, Hoefer, Guillemin ecc. La sua origine però non monta più in alto dei tempi di Laplace 1826, il quale ne fece un primo cenno nel suo *Essai philosophique sur les probabilités* (III ed. 1826, p. 5). Il Wolf (*Geschichte der Astronomie*, p. 703), riferendola, esprime almeno i dubbi di alcuni sulla verità storica del narrato.

Per non dilungarci troppo dal nostro proposito, basti qui indicare le principali falsità contenute in questa favola:

1° È falso che le preghiere ordinate da Calisto per allontanare il gravissimo pericolo che minacciava allora l'Europa cristiana da parte dei Turchi, contengano un menomo cenno alla cometa; molto meno trattasi di una formola di scomunica o di esorcismo, ma della semplice recita di tre *Pater* ed *Ave*.

2° È falso, che nella bolla pontificia si trovino *Anatemi* contro la cometa, alla quale neppure si accenna. Qualche storico contemporaneo, parlando del pericolo d'una invasione turca, aggiunge semplicemente che gli astronomi (non il Papa) vedevano nell'apparizione d'una cometa così straordinaria il segnale d'un grave pericolo imminente.

3° È falso che l'uso di recitare l'*Angelus Domini* al suono delle campane (a mezzogiorno) rimonti a quell'epoca; falsissimo che esso abbia un nesso qualunque col timore delle comete (ora riconosciuto come vano e più o meno superstizioso).

Chi desidera altri particolari veda l'articolo d'un nostro collega P. Kneller S. J. nel periodico *Zeitschrift für Kath. Theologie*, Innsbruck, 1904, XXVIII, 405.

(1) *Cometarum physiologia.* KEPL. *Op. omn.* (ed. Frisch), VII, 109.

Digitized by Google

Nei primi otto decennii del solo secolo XIX ne furono osservate più di 200, le quali si distribuiscono sui singoli decennii nel modo seguente: *10* dal 1800 al 1809 (incl.); *16* dal 1810 al '19; *21* dal 1820 al '29; *11* dal 1830 al '39; *36* dal 1840 al '49; *40* dal 1850 al '59; *36* dal 1860 al '69; *39* dal 1870 al '79. Se in tutti i secoli precedenti se ne trovano appena 500 registrate dagli storici, ciò si spiega col fatto, che solamente le più grandi e luminose eccitano l'interesse comune.

598. — Sarebbe cosa interminabile, se volessimo qui esporre le varie teorie, colle quali **gli antichi** cercarono di spiegare la natura delle comete; teorie talvolta fantastiche, superstiziose ed assurde a prima vista. Il già citato Seneca si consolava colla speranza, che verrebbe un giorno, quando anche tali ardui problemi, per la soluzione dei quali l'età d'un uomo non gli pareva sufficiente, troverebbero la loro spiegazione, e quando i posteri farebbero probabilmente le meraviglie, che i loro antenati non avessero saputo risolverli. Felicemente quest'èra per noi è arrivata; epperò siamo dispensati dall'enumerazione degli errori passati, commessi nell'interpretazione dei fenomeni celesti di natura così complicata.

La dottrina però già accennata (n. 594) di Aristotele, che ascriveva l'apparizione delle comete all'esalazione di vapori terrestri, merita nondimeno qui una speciale menzione, e ciò per doppia ragione: prima cioè, per rendere più facile l'intendimento dei molti scrittori medioevali, che l'adottarono, ed in secondo luogo, per vendicarla dal disprezzo col quale alcuni moderni credono doverla trattare.[1]

599. — **Aristotele** dunque, in conformità colle idee cosmiche del suo tempo (I, n. 321), considerava l'inviluppo atmosferico della Terra come una sostanza aerea, che s'estendesse fino alla sfera (orbita) lunare, o meglio, fino alla *sfera del fuoco*. Relativamente fredda, e come la Terra senza moto regolare di rotazione nelle regioni più basse, essa nella vicinanza del quarto elemento del fuoco partecipava già in parte della rotazione delle sfere celesti ed era quindi soggetta ad

(1) Niente di più ridicolo, scrive giustamente il signor Celoria, direttore dell'osservatorio di Milano. Basta leggere le pagine, nelle quali Aristotele spiega l'ipotesi sua cometaria, per capire la natura profondamente scientifica del suo genio... *Le Comete*, Milano, 1873, p. 128.

Digitized by Google

agitazioni straordinarie, capaci a condensare i vapori provenienti dalle regioni superficiali della Terra, i quali per la loro vicinanza alla sfera del fuoco si disseccavano, infuocandosi in grado a diventar lucenti e visibili sulla Terra stessa. Questa specie di combustione celeste durava, finchè vi era materia infiammabile; mentre questa materia consumava da una parte, nuove esalazioni venienti potevano supplire il difetto cagionato dalla consunzione, e così prolungare la visibilità della cometa, sotto forma diversa e con vari gradi di luminosità.

600. — Questa teoria ingegnosa sembrava per molti secoli spiegare, in un modo soddisfacente, i principali fenomeni che accompagnano l'apparizione delle comete. Per mostrare la sua deficienza i suoi avversari con Averroè († 1198) si videro costretti a provare prima di tutto che le comete non erano fenomeni sublunari, ma corpi celesti, pervadenti lo **spazio interplanetario**, riservato dagli antichi alle sfere planetarie (I, n. 327). Per provare questo, essi additarono giustamente la mancanza di parallasse sensibile, la quale avrebbe dovuto essere maggiore di quella della Luna; ma d'altronde non era piccola la difficoltà di misurare esattamente la posizione di oggetti così vaghi e volubili, così rari e di breve durata, di assicurare allo stesso tempo la contemporaneità delle misure da prendersi in luoghi abbastanza distanti. Ammettendo quindi il valore teorico dell'obbiezione, i seguaci di Aristotele non si diedero così facilmente per vinti, prima che si portassero argomenti convincenti per mostrare la reale mancanza della richiesta parallasse.

601. — Diventò quindi più acuta la controversia, quando **Tycho Brahe**, colle sue misure di precisione (I, n. 141), cominciò a somministrare i dati necessari alla confutazione efficace della teoria Aristotelica oramai antiquata. [1] Dalle accurate e diligenti osservazioni di quel valente astronomo e de' suoi successori risultò con evidenza, che le comete non solamente

(1) Per ricordare la vivacità, colla quale la controversia fu agitata in quei tempi, basta ricordare la polemica tra il P. Grassi S. J. professore del Collegio Romano, e Galileo Galilei, intorno alle comete dell'anno 1618. Nella breve dissertazione che diede origine alla medesima, il Grassi cercò di dimostrare che quelle comete non potevano essere sublunari, mentre Galilei stava per la parte contraria. Cfr. *Op. compl.* di GAL. (ed. naz. VI).

Digitized by Google

possono trovarsi più lontane della Luna dalla Terra; ma che le medesime, a foggia dei pianeti, percorrono un'orbita regolare intorno al nostro Sole, il centro comune del sistema planetario (I, n. 596). L'infaticabile Keppler lavorò non poco per trovare, nella supposizione del sistema Copernicano, il moto vero e reale di questi astri erranti; ma le osservazioni, delle quali egli disponeva, non erano sufficienti a risolvere il problema, che dippoi ebbe la sua piena soluzione dal grande Newton (I, n. 581). Secondo la teoria della gravitazione universale, le comete da noi osservate sono corpi celesti, già appartenenti o (per un caso qualunque) entranti nella sfera di attrazione del nostro Sole, intorno al quale esse descrivono poi le note sezioni coniche (circoli, ellissi, parabole o iperbole). Con tutto ciò rimase però aperta la questione che ci occupa primieramente in questo luogo, quella cioè sulla costituzione o natura fisica delle comete.

Art. II. — La fisica costituzione delle comete.

602. — Astraendo dalle cose piuttosto accessorie d'una cometa, possiamo comunemente in essa distinguere tre parti principali che richiedono uno studio particolare, cioè il nucleo, la chioma e la coda.

Nucleo chiamasi la parte più condensata, quella parte cioè della cometa, dove la materia luminosa apparisce più compatta, ed a foggia d'un pianeta riflette con maggiore intensità la luce solare, ovvero a modo d'una stella emette luce propria. Rare volte però questo nucleo ha contorni netti e precisi come lo hanno i dischi planetari; ordinariamente esso è terminato da un ammasso nebuloso, ossia da un inviluppo luminoso atmosferico, che forma il passaggio dalla materia più compatta e lucida a quella meno densa ed in apparenza tutta vaporosa e quasi fosforescente della chioma e coda. Indi la difficoltà di misurare con precisione il diametro d'un nucleo, anche di forma abbastanza regolare e rotondo. Talvolta i nuclei cometarii mostrano dimensioni, che arrivano a quelle dei diametri planetari (☿, ♂, ♁ ... n. 522). Così, per esempio, il nucleo della cometa III del 1815 fu stimato d'un diametro

Digitized by Google

pressochè uguale al diametro terrestre, cioè di 12 000 chilometri circa.

603. — Chioma suole chiamarsi quell'inviluppo luminoso di struttura irregolare e variabile intorno al nucleo stesso. Dell'apparenza d'un effluvio di gas luminoso essa manca quasi mai nelle comete bene sviluppate, e serve come distintivo tra questi ed altri corpi celesti, come prova lo stesso nome cometa, derivato da coma o chioma. La sua struttura è così sottile e fina, che stelle piccolissime vengono vedute attraverso di essa senza diminuzione sensibile di luce, e quello che è ancora di maggiore importanza, senza rifrazione percettibile dei loro raggi. Ciò porterebbe immediatamente alla conclusione, che la chioma neppure è un gas continuo, ma piuttosto un aggregato di particelle staccate minutissime di materia più condensata. Ciò combina con l'osservazione, che le chiome delle comete, non solamente formano strati di diversa densità e luminosità intorno al nucleo, ma eziandio che la loro configurazione cambia continuamente. Un bel esempio d'una chioma bene sviluppata offriva la grande cometa (Fig. 142) scoperta dal Donati nel 1858. I suoi strati formavano archi parabolici intorno al nucleo, che occupava il foco comune di queste parabole.

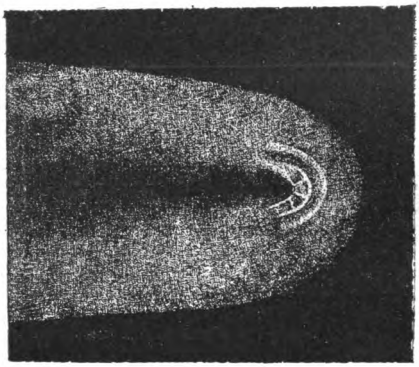


Fig. 142. Testa della cometa Donati.

604. — La coda cometaria suole estendersi dal nucleo in direzione opposta a quella del Sole, attestando con ciò solo già una certa dipendenza dall'astro centrale del nostro sistema planetario. (1) Partendo dal nucleo e svincolandosi dalla chioma,

(1) *Comae radios Solis effugiunt*, scrive già Seneca (l. cit.). L'opposizione però della direzione della coda d'una cometa a quella del Sole, ossia del suo raggio vettore (I, n. 583), non è rigorosa ma approssimativa, cioè pressochè coincidente con quella dei raggi solari, prolungati oltre la cometa.

Digitized by Google

la coda, ora in direzione quasi rettilinea, ora curvandosi leggermente ed allargandosi, si estende per uno spazio più o meno grande. È pure da notarsi che la convessità delle code curvate suole essere rivolta alla parte del cielo verso la quale cammina la cometa (a foggia d'una verga pieghevole portata contro il vento), come se connesso colla cometa attraversasse qualche mezzo resistente (I, n. 634). Alle volte l'estremità dividesi (come la coda dei pesci) in due lamine, di lunghezza pressochè uguale (così p. es. la coda dell'ultima grande cometa osservata da noi nel 1883). Come vi sono poi delle comete (specialmente telescopiche) senza coda apparente, così

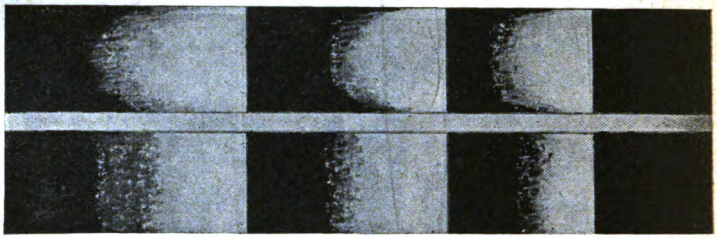


Fig. 143. Spettri del carbonio e d'una cometa.

ve ne sono altre che mostrano due, tre e più code; anzi la grande cometa 1861 II, scoperta dall'inglese I. Tebbutt (13 maggio), spiegò tutta una serie di code a modo d'un ventaglio gigantesco di raggio di 30° e con un arco di circonferenza di 80°, abbracciando cioè tutto lo spazio dalla costellazione dell'Orsa maggiore per quella minore fino a Cassiopeia.

605. **La luce** delle comete in gran parte è luce riflessa (solare). Lo dimostra il polariscopio, specialmente in quanto alla luce della chioma o coda; non mancano però indizi di luce propria nei nuclei cometari, come vedesi dalle righe luminose dello **spettro cometario** (Fig. 143 II) e dai cambiamenti di luminosità indicati dal fotometro. Il primo che constatò (sopra un fondo di un debole spettro continuo) la presenza di tre righe o piuttosto strisce caratteristiche nello spettro della cometa 1860 II, fu il P. Secchi, il quale, dietro un'osservazione fatta al Collegio Romano il 21 giugno di quell'anno, trovò inoltre che la posizione di dette strisce assai

Digitized by Google

luminose, coincideva quasi perfettamente collo spettro del **carbonio** (Fig. 143 I). Donati trovò le stesse strisce nella cometa del 1864, e tutte le osservazioni spettrali susseguenti comprovarono senza eccezione la presenza delle medesime negli spettri cometarii. Misure posteriori, prese colla massima precisione, assegnarono al lato più tagliente di esse le rispettive posizioni medie di 563,0 μμ, di 516,6 μμ e di 471,9 μμ.

606. — La sostanza principale che brucia nei nuclei cometari, è quindi il carbonio. Si noti poi che gli spettri di tutte le combinazioni del carbonio coll'idrogeno, ossia dei cosidetti **idrocarburi**, sono identici; ciò si spiega dal fatto che, nel riscaldamento dei medesimi la stessa combinazione semplice viene svincolata, cioè quella del gas acetileno (noto dalla formola chimica $C_2 H_2$, cioè di quel gas che si sviluppa, quando si mette l'idrogeno in presenza del carbonio portato alla più viva incandescenza). Qualche differenza che notasi negli spettri consiste in ciò, che lo spettro cometario non mostra quelle righe del gas, che scompariscono in questo con l'abbassamento della temperatura.

In varie comete particolari si è potuto di più accertare la presenza di altri elementi, specialmente dell'ossigeno e del sodio. In alcune comete, che si avvicinavano assai al Sole (come quelle 1882 I e II), lo spettro del sodio per la grande luminosità della riga D (n. 47) soverchiava quasi totalmente quello degli idrocarburi, mentre coll'allontanarsi tornava il predominio di quest'ultimo. (1)

607. — La mancanza di fasi nei nuclei si spiega in parte dalla luce propria, in parte anche dallo stato di segregazione dei nuclei medesimi che certamente non formano un corpo solo compatto, simile a quello dei pianeti. La **massa complessiva** d'una cometa in generale è assai piccola; altrimenti le perturbazioni cagionate da esse nel movimento dei pianeti, tra i quali si muovono, sarebbero più sensibili. Notammo già di sopra (I, n. 636), come la cometa scoperta dal Messier

(1) La grande cometa del 1882 passò il 17 settembre così vicino al Sole (1 milione di km.) che sembrava immergersi nell'atmosfera solare, sviluppando allo stesso tempo una luminosità tale che (il giorno 18) a Nizza poteva essere veduta ad occhio nudo presso l'astro del giorno; anzi si poteva seguirla col telescopio fino al contatto apparente col disco solare.

Digitized by Google

nel 1770, attraversò il sistema di Giove, passando tra il pianeta ed i suoi satelliti, senza cagionare la minima alterazione nel movimento consueto di questi.

Lo stesso nucleo potrà quindi paragonarsi piuttosto ad un ammasso di corpuscoli (ad una nube di neve), che ad un corpo unico continuo. Con ciò si spiega anche l'osservazione fatta che stelle, davanti alle quali passò il nucleo, rimasero visibili senza diminuzione sensibile della loro luminosità. (1)

Art. III. — Teoria delle code cometarie.

608. — Non poche difficoltà presenta la questione sulla natura e costituzione delle code delle comete. Pare che esista non poca analogia tra questi **apparenti effluvii** dei nuclei ed il fumo d'una macchina a vapore, d'una locomotiva in moto. Veduto da lontano questo fumo pare che sia coerente al fumaiuolo della macchina, e che segua i movimenti di questa, mentre infatti esso si rinnova continuamente da una parte, perdendo soltanto la sua visibilità dall'altra. Siccome poi la direzione della colonna di fumo nel caso della macchina risulta dalla direzione del fumaiuolo, dalla forza dell'eruzione, dalla densità ossia dal peso della materia proiettata, dalla direzione del vento, combinato colla direzione del moto del treno, così nel caso delle code cometarie la stessa sembrerebbe essere la risultante d'una forza ripulsiva del Sole, combinata coll'esplosione dei vari gas, la direzione dei quali sarà modificata dalla resistenza dell'etere e dalla direzione della traiettoria della cometa intorno al Sole. Sarebbe però cosa difficile il voler determinare (quasi *a priori*) la figura e direzione dei vapori della macchina nei casi individuali; così sarebbe non meno difficile di dare una teoria meccanica per le svariatissime forme delle code cometarie. **La materialità** della sostanza delle code viene del resto comprovata dal nesso che esiste tra le comete e le stelle cadenti (I, n. 601), delle quali si tratterà nel capitolo seguente.

(1) La considerazione di questa tenuità della massa delle comete dovrebbe anche scemare assai il timore d'una possibile collisione colla Terra (I, n. 613).

Digitized by Google

609. — Uno dei primi, che tentarono di stabilire una teoria accettabile dei fenomeni osservati circa le code cometarie fu **Keplero**, il quale si propose questa serie di domande: « Perchè le code opposte al Sole, non prendono precisamente la direzione del raggio vettore? Perchè si piegano? Che cosa è quell'apparenza splendente? Se tu dici, che sia qualche cosa di materiale, appartenente alla cometa, ne fai un mostro enorme (*immanissimum effinxeris monstrum*); se si risponde che non si tratta di altro che d'una illuminazione dell'etere (da parte del Sole), allora si domanda, e perchè questa illuminazione non si fa altrove e senza la presenza della cometa? »

Trattando tutti questi quesiti colla solita sua sagacità, Keplero conclude, che i raggi solari, attraversando il nucleo trasparente, rapiscono seco particelle del medesimo, e che in questa maniera la sua massa viene realmente consumandosi e sperdendosi nello spazio (interplanetario), e che per conseguenza non sia esclusa la possibilità che la stessa Terra nostra venga in contatto con quella materia e che con ciò si manifesti anche qualche influsso (nocivo) della cometa sull'atmosfera terrestre. (1)

610. — Le varie opinioni di altri dotti, dai tempi remotissimi fino a quello di Keplero, trovansi esposte e discusse con molta erudizione nella grande opera del **P. Riccioli** (*Almagestum novum* II, 121 sgg.). Basti enumerare qui alcuni dei nomi principali: di Aristotele, Seneca, Gemma, Rothmann, Apianus (Pietro e Filippo), Cardanus, Scaliger, Tycho Brahe, Blancanus, Longomontanus, Galilei, Grassi, Cysatus, Descartes, Grimaldi ecc. Il Riccioli conclude in fine che, secondo la sua opinione e quella del suo assistente Grimaldi, le code cometarie debbano veramente essere della stessa materia (benchè tenuissima) come i nuclei, ed avere anche qualche luce propria; che di più si debba riconoscere nelle medesime una forza di orientazione, simile a quella dell'ago magnetico.

(1) Ecco le parole importanti del grande astronomo che contengono il germe della dottrina molti secoli dopo così trionfalmente sviluppata da altri, sul citato nesso tra le comete e le stelle cadenti: *Hoc pacto (existimo) corpus Cometae perlui, colari, atteri, et denique annihilari et sicut bombyces filo fundendo, sic Cometas cauda expirando consumi et denique mori.* KEPL. *Op.* (ed. Frisch), VII, 110.

Digitized by Google

611. — Ai tempi nostri queste opinioni (allora più o meno probabili), dietro le osservazioni più esatte fatte con mezzi nuovi e più adatti, si sono vieppiù sviluppate e perfezionate. I signori Hasselberg e Vogel riuscirono perfino di imitare sperimentalmente le varie modificazioni osservate nello spettro delle varie parti delle comete, includendo cioè i rispettivi gas (estratti anche da pietre meteoriche) sotto varie pressioni nei noti tubi di Geissler (n. 43), e mandando per esse delle scariche elettriche. La luce propria delle comete sembra dovuta a simili **processi elettro-magnetici**, soggetti all'influsso solare, che esercita sopra di essi una ripulsione manifesta, simile a quella prodotta dai cosidetti *raggi catodici*. L'apparenza luminosa della coda sarebbe quindi modificata dalle dette scariche, le quali cagionerebbero le osservate pulsazioni e repentine variazioni della medesima coda. (1)

612. — Comunque si pensi però sulla natura di quella **forza ripulsiva** del Sole, la sua esistenza (come quella della gravitazione universale) è fuori di ogni dubbio. Anzi il professor Bredichin, continuando le ricerche di Zöllner e Bessel, riuscì a dimostrare con sufficiente evidenza, che questa forza (come quella della gravità) agisce in ragione inversa del quadrato delle distanze.

Bredichin distingue **tre tipi** di code cometarie, dipendenti dalla maggiore o minore forza ripulsiva solare. Quando questa forza supera di molto ($17\,^1/_2$ volte) la forza dell'attrazione newtoniana, le code prendono una figura quasi dritta e molto allungata (*I Tipo*). — Quando la forza repulsiva è poco (2,2 a 0,5) differente dalla forza di attrazione, le code più facilmente sono deviate dalla direzione del raggio vettore e prendono una forma curvata o cornuta (*II Tipo*). — Se finalmente

(1) Troppo ci dilungheremmo dal nostro proposito, se volessimo qui entrare in un esame più minuto di questi processi. Basti ricordare che nei noti tubi di Crookes, attraversati da scariche elettriche, intorno al polo negativo (κάθοδος, *ritorno*) si osserva una luce diffusa di raggi catodici, i quali esercitano non solamente una cospicua azione fosforescente sui corpi colpiti da essi, ma anche un'azione ripulsiva sui raggi elettrici provenienti direttamente dai medesimi corpi. Sembrerebbe quindi che simili raggi catodici, provenienti dal Sole, esercitino un'azione simile sui fenomeni elettrici, generati direttamente dal riscaldamento dei gas che si sprigionano dai nuclei coll'avvicinarsi al Sole.

Digitized by Google

la forza ripulsiva è inferiore a quella dell' attrazione di almeno 0,3 fino a 0,1; allora invece della coda si vede piuttosto una massa nebulosa di direzione incerta e variabile, deviata alquanto nella direzione, donde viene la cometa (*III Tipo*). (1)

613. — Di ciascheduno di questi tre tipi lo stesso Bredichin ha potuto accertare la **velocità iniziale**, colla quale le particelle della coda vengono lanciate nello spazio. Per il I tipo essa ha un valore medio di 6 $^1/_2$ km. (al secondo); pel II di $^1/_2$ km.; pel III di 300 a 600 metri. La variazione della velocità sembra dipendere dal peso molecolare delle sostanze respinte dal Sole. Sarebbe quindi possibile, dietro le velocità osservate, indovinare la natura di quegli elementi; nel primo tipo cioè saranno rappresentati in massima parte l'*idrogeno* (H = 1) e l'*elio* (He = 2), nel terzo i metalli più pesanti p. e. il *ferro* (Fe = 56), il *rame* (Cu = 64), il *piombo* (Pb = 104) ecc. Le sostanze intermedie come il *carbonio* (C = 12), l' *acetileno* ($C_2 H_2$ = 13), il *sodio* (N = 23), si troveranno più facilmente nel II tipo. (2) Infatti la presenza di questi corpi nei nuclei cometari è stata confermata dallo spettroscopio (n. 605). La osservazione diretta dello spettro della coda incontra grande difficoltà a cagione della luce debole che richiede una fessura ben larga, la quale poi rende invisibili le righe rispettive.

614. — In parecchie comete si osservarono pezzi di coda staccati ovvero **condensazioni parziali** a foggia di nuvole (come nella grande cometa del 1882 e nella IV del 1893); talvolta lo stesso nucleo si spacca in varie parti, formando comete parziali e secondarie (come nel caso già discusso [I, n. 609] della

(1) I tre tipi di code si possono talvolta trovare uniti in una medesima cometa, specialmente I con II o II con III; il terzo poi non deve confondersi con quelle parti brillanti segregate dal nucleo, che formano poi le meteore (cap. seguente). Siccome la forza ripulsiva del Sole comincia soltanto la sua azione, quando la materia ha raggiunto un certo grado di rarefazione, quelle particelle eruttate dalla forza esplosiva del nucleo non sono affette dalla medesima.

(2) I numeri, aggiunti ai singoli elementi in parentesi, indicano il peso molecolare, quindi la forza ripulsiva che spingerebbe l'idrogeno per esempio, a 6 km., porterebbe l'elio a 6:2 ossia a 3 km. soltanto, il carbonio a 6:12 ossia a $^1/_2$ km. ecc. Per le rispettive formole ed altri particolari rimettiamo il lettore agli splendidi lavori originali del lodato Bredichin: *Recherches sur les queues des comètes.* Moscou, 1879 ecc.

Digitized by Google

famosa cometa di Biela 1852 III). Tali episodii sono sempre accompagnati da esplosioni straordinarie nel nucleo, che a certi intervalli di tempo avvengono e si rendono visibili nello spettroscopio per righe brillanti dei corpi rispettivi (sodio, magnesio, ferro). La stessa figura della coda primitiva durante questi cataclismi suole variare rapidamente, come per es. accadde nel 30 giugno 1861 nel caso delle cinque o sei code sviluppate per breve tempo dalla cometa 1861 II (n. 604) ed il giorno 7 marzo in quella 1744 I. Si noti però col Bredichin, che invece di dire cinque o sei code (diverse), si dovette piuttosto parlare di cinque o sei *rami diversi* d' una medesima coda.

Quantunque sarebbe cosa interessantissima soggiungere qualcheduna delle vive descrizioni, che danno di cotali e simili fenomeni i varii osservatori, la mancanza di spazio ci proibisce qui di entrare in ulteriori particolari, pei quali dobbiamo rimettere il lettore alle varie cometografie antiche e moderne. (1)

CAPITOLO II.

METEORE E STELLE CADENTI.

ART. I. — RELAZIONE TRA LE COMETE E LE STELLE CADENTI.

615. — Nel libro dell'Astromeccanica (I, n. 601 sgg.) furono date le prove che dimostrano il nesso fisico esistente tra le comete e le stelle cadenti, specialmente quelle periodiche, che formano veri anelli di materia cosmica, sparsa lungo le orbite delle comete. Fu mostrato in particolare l'identità tra i famosi **sciami meteorici**, noti sotto il nome di *Perseidi, Leonidi* ed *Andromedidi* o *Bielidi* e le orbite delle comete Tempel, Tuttle e Biela (ivi, n. 609).

Gli elementi di cotali anelli meteorici sono quindi in sostanza identici a quelli delle comete. Le particelle staccate dai nuclei cometari, sparsi lungo l' orbita dei medesimi, ma

(1) Cf. HOUZEAU, *Vade Mecum de l'Astronomie.* Bruxelles, 1882, p. 750.

Digitized by Google

diventate oscure ed invisibili, colla loro velocissima penetrazione nell'atmosfera terrestre riscaldandosi di nuovo, anzi portati ad una temperatura di vera incandescenza, producono il bel fenomeno che ha tutta l'apparenza d'una stella cadente. Osservazioni spettroscopiche, fatte con apparecchi speciali (nn. 24 e 66) confermano i predetti risultati.

616. — Siccome le comete, visitatrici del nostro sistema solare, venienti talvolta da lontanissimi spazii stabiliscono un vincolo fisico di unione tra lo spazio interplanetario e quello interstellare, così le stelle cadenti potrebbero dirsi messaggeri tra lo spazio interplanetario e quello più ristretto dell'atmosfera terrestre. La dispersione delle **masse cosmiche** d'una cometa in *correnti meteoriche* può provenire da varie cause, tra le quali due saranno le principali, cioè la forza dispersiva del calore solare, specialmente nei perielii (I, n. 582), e le perturbazioni cagionate da un pianeta, al quale la cometa si avvicina tanto, che nel suo ammasso si produca una specie di marea gigantesca, capace di logorare il vincolo interno che univa le parti (I, n. 636). La nota cometa *Biela* (I, n. 602) sarà sempre un'illustrazione insigne di tale dispersione, e non ha più niente di strano, se talvolta si osserva lo scindersi, sdoppiarsi e disperdersi di comete, specialmente periodiche, come della cometa De Vico (1844) ed altre, come non deve sorprendere una somigliante deviazione, diminuzione o anche totale cessazione di certi sciami meteorici, il ritorno periodico dei quali si osservò prima con grande regolarità.[1]

617. — **La massa** delle singole meteore, penetranti nell'atmosfera terrestre nel modo predetto, di ordinario è così insignificante che prima di arrivare alla superficie terrestre essa viene totalmente dissipata e disfatta. Per conseguenza è difficile di rintracciarla sulla Terra stessa, fuori delle regioni dei ghiacci perpetui, eccettuati i casi dei cosidetti aeroliti, dei quali si tratta nell'articolo seguente.[2] Nordenskjöld, il

(1) Così per es. il ritorno delle famose *pioggie meteoriche* delle Leonidi e Bielidi, predette ed aspettate per gli anni 1899 ovvero 1900 non si verificarono (cf. I, n. 611).

(2) In alcuni paesi il volgo chiama *residui di stelle cadenti* (*Sternschnuppensubstanz, Starfaln*), una massa glutinosa semiliquida, trovata in luoghi umidi, prati ecc. Questi ammassi conglobati però non hanno nes-

Digitized by Google

noto esploratore delle regioni polari, trovò veramente presso Spitzbergen sopra quei ghiacci una polvere fine ed oscura, con particelle di ferro magnetico, fosforo, cobalto, ecc. che sembrava d'origine cosmica, e fu quindi chiamata **polvere meteorica**. Supponendo tale polvere caduta in simile quantità sopra tutta la superficie terrestre, la massa della Terra ne avrebbe ricevuto nel decorso dei secoli un sensibile aumento (di circa 100 milioni di chilogrammi). Secondo i calcoli dell'astronomo americano T. I. See **il numero** delle meteore (telescopiche), cadenti giornalmente, ammonterebbe alla somma quasi incredibile di 1200 milioni al giorno. Ad ogni modo l'incremento successivo della massa terrestre non potrà rimanere del tutto insensibile, dovendo questa massa accessoria partecipare poi al moto di rotazione della terra, il quale moto perciò sarebbe un pochettino rallentato. Supponendo invece rigorosamente costante questa rotazione, noi ascriveremo la differenza da ciò sperimentata ai movimenti lunari; ascriveremo cioè piuttosto la cosa ad una accelerazione lunare. Difatti esiste una tale accelerazione secolare di circa 5″, non ancora spiegata.

ART. II. — BOLIDI ED AEROLITI.

618. — Talvolta la caduta di vere pietre (λίθος) dall'aria viene avvertita, sia per la striscia luminosissima che segna la loro traiettoria nell'aria, sia per le veementi detonazioni, colle quali esplodono, sia per la percussione fortissima, colla quale colpiscono gli oggetti terrestri che incontrano, presso i quali si trovano poi i frantumi rimasti di sì tremendi proiettili.

Il nome antico di **aeroliti** voleva senza dubbio indicare non solamente la loro semplice provenienza dalle regioni aeree, ma eziandio la loro origine sublunare (n. 594). Per escludere questa ipotesi antiquata alcuni autori preferiscono il nome di **uranoliti** (οὐρανὸς = *cielo*), o **bolidi** (βάλλω = lancio), cioè di pro-

suna relazione coi fenomeni di cui trattiamo, ma sono di origine organica, cioè uova di ranocchie inghiottite e poi rigettate da uccelli, ingrossate dall'umidità.

Digitized by Google

iettili provenienti dal cielo. Siccome poi l'apparenza aerea è del tutto simile a quella delle stelle cadenti o *meteore* (discusse nell'articolo precedente), essi vengono anche chiamati **meteoriti** (contrazione di *meteoroliti*), ovvero Chondriti (χονδρός = *mucchio*), per indicare la loro struttura, di lapilli agglomerati.

619. — Moltissimi casi di *meteoriti* osservati vengono riferiti dagli storici antichi e moderni, e sebbene tali racconti alle volte sembrino non poco esagerati, nondimeno fatti anche recentissimi, osservati da astronomi competenti, provano che la sostanza delle cose riferite è indubitabile. Noi stessi siamo stati testimoni (se non oculari almeno vicini) d'un caso accaduto **nel Lazio**, presso Roma, il 31 agosto 1872. Verso le 5 ¼ della mattina questo bolide apparve nella direzione S S E, descrivendo la sua traiettoria verso N N W, più particolarmente al disopra di Terracina, dai monti Lepini verso i monti Albani e Sabini. La sua luce abbagliante attirò l'attenzione di tutti coloro che trovavansi all'aperto; ma anche quelli che non lo vedevano furono tosto allarmati dalle forti e ripetute detonazioni, che sembravano scoppii d'una polveriera, seguìti dal crollo di grandi edifizi. Il nucleo rovente aveva un diametro apparente della Luna piena. Lo spazio dal mare fino ai confini della Sabina (Orvinio), dove accadde lo scoppio finale, percorso in meno di due minuti, suppone una velocità di almeno 600 metri in un secondo. Frammenti (dei quali uno si conserva al nostro osservatorio sul Gianicolo) furono trovati in luoghi più di 10 km. distanti da quello dove accaddero le varie esplosioni. L'altezza iniziale, alla quale il meteorite fu osservato per la prima volta, era di 25 km., l'inclinazione della traiettoria verso l'orizzonte di circa 27°. Un calcolo approssimativo (fondato sopra i frantumi raccolti) assegna alla massa originaria circa 2000 tonnellate, corrispondente ad un volume di circa 500 metri cubi. (1)

Un caso simile più recente fu osservato il 10 febbraio 1896 in Ispagna sopra la città di **Madrid**. Il meteorite scoppiò verso le 9 ½ con grande fracasso e mise per la luce lampeg-

(1) Altri particolari vedonsi descritti dal Ferrari (già assistente del P. Secchi) in una monografia, *Ricerche intorno all'Uranolito caduto nell'Agro Romano*. Roma, 1872.

Digitized by Google

giante e per la violenta detonazione, tutta la cittadinanza in grande spavento. I vetri delle finestre andarono in frantumi per la terribile scossa dell'aria, che fece crollare perfino dei muraglioni.

620. — La figura 144 fa vedere **le forme principali** sotto le quali si vedono quei strani fenomeni. I bolidi si distinguono già dalle stelle cadenti ordinarie (*meteoridi*), per la striscia lunga luminosa che resta visibile per qualche tempo e si protrae talvolta da una estremità della volta celeste fino all'altra. La testa brilla con grande splendore nei vari co-

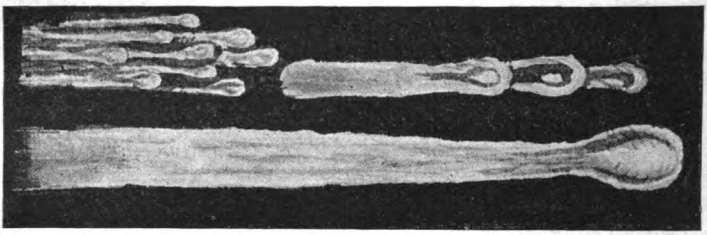


Fig 144. Varie forme di uranoliti.

lori dello spettro, presentando comunemente la forma di un globo, allungato verso la coda. Talvolta si vedono parecchi nuclei che, schierati l'uno dietro l'altro, si seguono a piccoli intervalli colla stessa velocità, ovvero formando un gruppo di areoliti, sembrano a gara lanciarsi nell'atmosfera. Scomparsa che sia la testa, la coda rimane ancora per qualche tempo visibile, dileguandosi sensibilmente, come il fumo d'una macchina a vapore. Vi sono casi, nei quali tale visibilità durò perfino un quarto d'ora e più.

621. — Due casi interessanti (di cui a suo tempo si fece menzione nelle *Astron. Nach.*, nn. 3531, 3551) furono da noi osservati nel 1898 in connessione colle solite *Perseidi* (I, n. 609) verso le $10^h\ 20^m$ (tm. E. C.) della sera al nostro osservatorio del Gianicolo. La meteora cadde lontana dal luogo di osservazione, scendendo quasi perpendicolarmente tra la costellazione del Sagittario e dello Scorpione verso l'orizzonte. Il

Digitized by Google

radiante (I, n. 606) poteva essere il solito nella costellazione di Perseo. Quando m'accorsi del brillante fenomeno, la testa era già scomparsa sotto l'orizzonte lasciando però dietro di sè un coda luminosa e dritta, di cui la figura 145 rappresenta le varie fasi successive ben osservabili per almeno **cinque minuti**. La striscia restante sopra l'orizzonte era lunga circa 25° e larga $1\frac{1}{2}°$. Osservata con un buon binocolo, essa presentava da principio l'aspetto di un tubo luminoso e trasparente con cavità interna oscura, visibile per tutta la lunghezza. Tosto però questa striscia cominciò a contorcersi con

Fig. 145. Fasi di un bolide, osservato dall'autore.

moti serpentini, specialmente nell'estremità inferiore, mentre quella superiore con due punte sventolava a foggia di bandiera. Dopo circa due minuti tutta quella striscia verticale fece lentamente un moto di rotazione intorno al punto di mezzo nella direzione dell'indice d'un orologio, spostandosi la parte superiore verso ovest, l'inferiore verso est. Arrivato così alla posizione orizzontale tutto l'insieme perdette i suoi contorni, sciogliendosi prima in nubecole staccate di nebbia biancastra, per dileguarsi poi del tutto.

L'altro caso, da noi osservato il 15 novembre 1898, fu meno interessante per lo sviluppo delle varie forme, ma più notevole per la durata straordinaria della coda, che restò visibile per circa **un quarto** d'ora. Siccome il caso precedente colla sua direzione indicava qualche nesso colle *Perseidi*, così il presente sembrava appartenere alle *Leonidi*.

Digitized by Google

Art. III. — Sull'origine dei meteoriti e delle meteoridi.

622. — L'**origine** dei *meteoriti* e delle *stelle cadenti* o *meteoridi* (εἶδος = *simile*) dai casi testè raccontati potrebbe sembrare identica; la distinzione invece meramente accidentale, sarebbe allora dovuta alla massa minore o maggiore della *meteora*. Osservazioni spettroscopiche conducono allo stesso risultato. Lo dimostrano le belle esperienze, fatte dal Vogel (n. 611), il quale rinchiudendo i gas, estratti dai pezzi raccolti di vari meteoriti, in un tubo di Geissler e riscaldandoli gradualmente, ottenne per mezzo di scariche elettriche gli spettri degli idrocarburi già constatati negli stessi nuclei delle comete (n. 606), alla dispersione dei quali le stelle cadenti poi devono in massima parte la loro origine.(1) Avremmo quindi il caso singolare, che la materia cosmica scende direttamente giù dal cielo, per sottomettersi all'analisi chimica nei nostri laboratori ordinari, per darci una nuova prova immediata dell'unità di materia che regna in tutto l'universo.

623. — I **pezzi trovati** variano comunemente dalla grandezza d'un pisello fino a quello d'un pugno. Essi sono ordinariamente di forma poliedrica, irregolare, a spigoli smussati; la loro superficie è coperta d'una patina di materia fusa, che suole essere d'un colore oscuro appannato (di pece) ovvero d'un grigio lucente (bruno-verdastro). Quest'ultimo indica la presenza di sostanze metalliche (ferro, nickel, cobalto, rame ecc.), l'altro la prevalenza di sostanze pietrose (λίθος = *pietra*). Si distinguono perciò **due tipi** principali: meteoriti metallici e litoidi.

Nei **litoidi** si trovano specialmente vari silicati (di magnesia, alluminio ecc.), e sali a base dei metalli già nominati.

I **metallici**, nei quali di rado manca il ferro (σίδηρος), vengono, secondo la maggiore o minore prevalenza o assenza di questo metallo, ulteriormente classificati in *olosideri* (ὅλος = *tutto*),

(1) Le difficoltà di osservare lo spettro delle meteore direttamente nell'aria, al momento della loro caduta, sono ancora troppo numerose, a permettere un riassunto di tali ricerche; sono però fuori di dubbio alcune righe luminose, come per es. quelle del sodio, magnesio ecc.

Digitized by Google

in *asideri* (ἀ=*senza*), in *sporadosideri* (σποραδικός=*sparso*) e *sisideri*. L'ultima classe indica un miscuglio di ferro con silicati.

624. — **Pezzi enormi,** di origine apparentemente meteorica, furono trovati in varie regioni della Terra, specialmente dal citato (n. 617) Nordenskjöld (in occasione d'un viaggio in Groenlandia) presso Ovifak, nella parte australe dell'isola Disko, dove, sopra uno spazio relativamente ristretto di 50 metri quadrati, si trovarono 15 pezzi, uno dei quali, del peso colossale di 20 000 kg., fu trasportato a Stocolma. Altri minori (da 5000 a 10 000 kg.) furono consegnati ai musei di vari paesi.

Ammessa l'origine meteorica di tali residui, si avrebbe un argomento indiretto che i nuclei cometari, ad onta della loro apparente trasparenza, possono nondimeno contenere della materia, compatta assai formidabile, specialmente pel caso d'una fortuita collisione di tali blocchi col nostro pianeta (I, n. 613).

625. — Vi sono però anche ragioni non spregevoli di supporre nei casi più frequenti qualche differenza tra i meteoriti e le stelle cadenti, almeno in quanto alla loro **provenienza.** Le comete, venute per caso in relazione col nostro sistema solare (I, n. 596), non meno che i cosidetti *Radianti* delle stelle cadenti, possono apparire in qualunque parte del cielo. Il senso del loro movimento può essere diretto o retrogrado, e non c'è ragione assegnabile, perchè debbano seguire piuttosto l'una che l'altra direzione. La ragione che le meteoridi appariscono in maggiore numero dopo mezzanotte, come fu spiegato di sopra (I, n. 608), dipende dalla direzione del moto terrestre, ossia dalla posizione dell'*apice* di questo movimento.

Ora le osservazioni dei meteoriti sembrano in tutti questi riguardi segnalare una certa **differenza** tra Meteoriti e Meteoridi (tra Bolidi e Stelle cadenti). I meteoriti colpiscono la terra piuttosto dall'*Anti-apice*, cioè la maggioranza dei medesimi hanno un moto proprio *diretto* nello spazio, consentaneo alla traslazione della Terra intorno al Sole.

626. — I meteoriti sarebbero per conseguenza da considerarsi come appartenenti al nostro sistema planetario, come **pianetini dispersi** giranti intorno al Sole con orbite vicine a quelle del nostro globo terrestre, le perturbazioni del quale cagionerebbero occasionalmente la loro caduta. Tali perturba-

Digitized by Google

zioni saranno facilitate dalla Luna, la quale col suo giro intorno alla Terra andrebbe quasi alla ricerca di cotesti *pianetini tascabili* (come dire soleva l' Humboldt). Così si spiega anche il fatto già riferito (n. 239), che la Luna stessa porta ancora le cicatrici delle frequenti ferite, ricevute da simili proiettili, la copia dei quali dovette essere molto maggiore nei tempi preistorici.(1) Che tali corpuscoli ad onta della loro massa (in sè considerevole, ma relativamente insensibile) si sottraggano all'osservazione diretta dei nostri telescopi, non reca nessuna meraviglia; d'altronde si spiega perchè le notizie, che pochi anni fa si sparsero, di *nuove lune* (terrestri), osservate nel loro breve passaggio davanti al Sole, non si potevano senz'altro trattare come ridicole.(2)

627. — La struttura degli aeroliti sembra pure più consentanea all'anzidetta spiegazione. Levigando una delle superficie e trattandola con acidi diluiti, si vede apparire una rete di linee parallele, cagionate da lamine metalliche, alquanto sporgenti e più lucenti del fondo oscuro (Fig. 146)), le quali configurazioni si chiamano, secondo il loro scopritore (1808), figure di Widmannstätten; esse sono talmente caratteristiche dei meteoriti, specialmente dei *sideriti* (n. 623), che forniscono un mezzo prezioso per distinguere un vero meteorite da simili conglomerati di origine terrestre.

(1) Non è quindi necessario di ricorrere ad ipotesi ardite ed improbabili, che vorrebbero ascrivere ai Bolidi ed Aeroliti un' origine vulcanica, imaginandoli lanciati da vulcani terrestri o lunari. Affinchè simili proiettili fossero lanciati fuori della sfera di attrazione terrestre ci vorrebbe una velocità iniziale di circa 20 km. in 1^s, una velocità che supera più di trenta volte quella dei nostri cannoni più grossi.

(2) Un certo signor Ziegler vide il giorno 4 febbraio 1898 nella città di Greifswalde un corpo oscuro, del diametro di circa 6', passare davanti al disco solare. L'ingresso fu notato ad 1 ora, 10 min., l'uscita alle ore 2, min. 10. Circa dodici persone videro la stessa cosa, anzi uno di essi seguì l'oggetto fuori del disco solare fino alla distanza di $^1/_2{}^\circ$ dal Sole, quando alle ore $3\ ^1/_4$, il cielo si coprì di nuvole. Dalle discussioni fatte rimane più probabile che l'oggetto appartenesse all'atmosfera terrestre, ovvero che si trattasse d'una semplice illusione ottica, provocata dal prolungato guardare nel Sole e da una fantasia un po' eccitata, essendo stato preannunziato un simile passaggio per quei giorni. Notevolissimo è il fatto che il Sole esaminato allo stesso tempo all'osservatorio di Pola, non mostrò niente di straordinario.

Digitized by Google

Non si possono aspettare nei meteoriti tracce di **vita organica**, a cagione dell'incandescenza per la quale necessariamente passano prima di arrivare alla superficie terrestre. Ciononostante il dott. O. Hahn pretendeva, circa l'anno 1880, di avere scoperto col microscopio certi organismi primitivi che sembravano vermicelli corazzati della grandezza di qualche centesimo di millimetro.(1) La scoperta inaspettata fece molto rumore nel mondo specialmente di quegli scienziati increduli, che cercano invano una spiegazione dell'origine della vita sul globo terrestre.(2) Il rumore è passato. Basta dire, che la famosa *Urania Guilelmi* ed il *Titanus Bismarki* (nomi dati dall'Hahn ai suoi microorganismi meteorici) furono tosto artificialmente prodotti nelle fornaci delle grandi fabbriche di porcellana senza il concorso di verun organismo colla semplice precipitazione di un po' di cloro, silicio e vapor d'acqua; esse non sono altro che una cristallizzazione incoata di enstatite ed olivina. Dell'*Hahnia meteorica* non si parla più.

Fig. 146. Bolide colle figure di Widmannstätten.

CAPITOLO III.

LA LUCE ZODIACALE.

ART. I. — DESCRIZIONE DEL FENOMENO.

628. — In certe notti dell'anno, la mattina prima del levare, ovvero la sera dopo il tramonto del Sole, si osserva un certo chiarore del cielo (Fig. 147), il quale a Levante e Ponente si leva come un cono maestoso e gigantesco al disopra dell'orizzonte, inclinandosi alquanto al medesimo, ed avendo per base allargata gli stessi chiarori crepuscolari. **L'asse** del

(1) Dr O. HAHN, *Die Meteorite und ihre Organismen*. Tübingen, 1881.

(2) Lo stesso Darwin, sentendo questa novità e vedendo i primi disegni di quei pretesi graziosissimi organismi, saltando sui piedi esclamò: *Almighty God, what wonderful discovery, now reaches the life down!*

Digitized by Google

cono luminoso giace costantemente nel piano dell'eclittica, ossia dello **zodiaco**, donde il fenomeno fu chiamato Luce zodiacale.

Come poi l'eclittica, per la sua inclinazione costante all'equatore, forma col suo piano (a cagione della rotazione della Terra) continuamente angoli diversi col piano dell'orizzonte, così l'angolo che la Luce zodiacale fa coll'orizzonte varia nelle varie stagioni dell'anno, essendo massimo (nel nostro emisfero boreale) quando il punto d'Ariete ♈ trovasi nell'orizzonte verso ovest, ciò che accade nelle sere di primavera e nelle mattine dell'autunno. Ecco la semplice ragione perchè si osserva, nelle latitudini (nostre) intermedie, il fenomeno della Luce zodiacale, specialmente nelle sere dei mesi di **Marzo** e nelle mattine di **Settembre.** Nei mesi invernali ed estivi l'inclinazione dell'eclittica all'orizzonte in quelle ore è troppo grande (ossia il suddetto angolo è troppo piccolo); donde la Luce zodiacale si confonde in gran parte coi soliti crepuscoli.[1] Soltanto nelle regioni tropicali l'angolo rimane sempre abbastanza grande a far vedere la Luce zodiacale per tutto l'anno, tanto la mattina, quanto la sera. Da ciò si vede che essa forma una specie di **Fuso** col Sole nel mezzo.

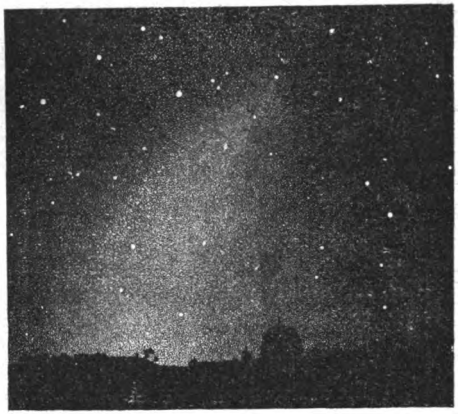


Fig. 147. La luce zodiacale.

629. — Il vertice del cono più o meno troncato, arriva

(1) Si osserva perciò il fenomeno più facilmente nelle campagne aperte ed oscure che nelle città illuminate e coperte di fumo e polvere. Il prof. Heis di Münster, uno degli osservatori più assidui della luce zodiacale, soleva nelle stesse campagne circondare la testa fino agli occhi con un cilindro di cartone, per nascondere ad essi la stessa luce crepuscolare dell'orizzonte.

Digitized by Google

ordinariamente ad un angolo di 83° di elongazione dal Sole. Si vede però talvolta nella parte del cielo diametralmente opposta al Sole (già sceso sotto l'orizzonte) un certo bagliore diffuso ed incerto, chiamato dai tedeschi **Gegenschein** (luce opposta o quasi riflessa); Schiaparelli lo chiama **Fuso minore** in opposizione a quello *maggiore* intorno al Sole. In qualche caso eccezionale, questa luce opposta trova contatto da una parte col vertice del cono principale e dall'altra arriva fino all'orizzonte, formando così un **anello completo** (un zodiaco visibile), simile a quello della Via lattea, ma di contorni molto più regolari.(1)

La parte più centrale della luce, cioè quella più vicina all'asse del cono, è anche più intensa, donde alcuni osservatori distinguono questo cono interno più visibile e costante dall'involuppo più indeterminato ed incostante esterno. Si osservano poi certe **pulsazioni** nell'intensità della luce, insieme a variazioni della figura, che pare soggetta a deformazioni, nascenti da squilibrii interni di quelle masse nebulose, che ne fanno l'apparente sostrato.

630. — La visibilità della luce dipende da molte circostanze esterne, dalla purezza dell'atmosfera, dall'assenza della luce della Luna e di qualunque altra illuminazione artificiale, dall'angolo d'inclinazione all'orizzonte, dalla qualità dell'occhio dell'osservatore, ed altri simili. I varii gradi di **luminosità** si giudicano più facilmente, confrontandoli colle rispettive parti più o meno luminose della *Via lattea*, la quale colle sue varie graduazioni offre un ottimo termine di confronto. Abili osservatori hanno accertato in questo modo una certa variabilità di splendore, indipendente dalle anzidette cause secondarie. Come un tenuissimo velo, che non sottrae alla vista dello spettatore neppure le stellette più minute, la Luce zodiacale si rassomiglia molto alla luce delle aurore polari (n. 148).

In quanto al **colore** della luce, non tutti gli osservatori convengono. Mentre, p. es., il P. Dechevrens S. J., il quale

(1) Questo fenomeno di un anello luminoso intero si osserva più facilmente nelle regioni equatoriali. Il Jones per es., osservando (1856) a Quito, nell'Equador, lo vide ogni notte, quando il tempo era sereno, specialmente quando l'eclittica formava un angolo (più o meno) retto coll'orizzonte.

Digitized by Google

dal 1875 osservò per quattro anni il fenomeno in Zi-ka-wei (Cina) alla latitudine geografica di 31°, lo giudicò sempre di un bianco schietto simile a quello della Via lattea, il Jones, osservandolo (in altro tempo) in Quito, lo descrive come dotato d'una tinta calda, dolce, giallognola, ben diversa dalla tinta fredda e bianca della Via lattea. Così pure rispetto alle accennate gradazioni di luce ed alle *pulsazioni*, osservate dallo stesso Jones, il Dechevrens attesta d'aver sempre veduto la luce come tutta fatta d'un getto, una per la tinta, per la forma e per la legge che regola la sua densità. Il P. Serpieri (anch'esso osservatore assiduo della Luce zodiacale) la descrive invece come dominata da forze contrarie intermittenti, che l'alzano e l'abbassano più volte di seguito in meno di un'ora, l'agitano avanti ed indietro (talvolta da un lato solo) e ne variano l'intensità della luce.(1)

Art. II. — Sulla natura della Luce zodiacale.

631. — Dalle cose descritte la Luce zodiacale non sembra essere altro che una specie di **Nebulosa**, ossia un ammasso di materia sottilissima, la quale a foggia di uno sferoide assai schiacciato, ovvero d'una lente gigantesca, situata nel piano dell'eclittica, col Sole nel mezzo, estende i suoi orli esterni fino all'orbita terrestre; anzi in qualche punto anche oltre quest'orbita. La figura 148 rappresenta coll'arco circolare A V una parte di questa circonferenza. S (nel centro del circolo) rappresenta il Sole, T la Terra. La tangente T V indicherebbe la visuale dalla Terra al vertice apparente della Nebulosa; e siccome secondo le osservazioni l'elongazione ordinaria di V da S è di 83°, l'angolo S T V sarà uguale a 83°, l'angolo T S V = 7°; essendo poi conosciuta la distanza (media) della Terra dal Sole, ossia l'ipotenusa S T del triangolo rettangolo S T V, si calcola facilmente il cateto S V, ossia il raggio medio della Nebulosa, il quale sarebbe soltanto di $^1/_{100}$

(1) Queste varie testimonianze, contraddittorie in apparenza, non lo sono necessariamente in realtà; riferendosi ad osservazioni fatte in luoghi, tempi e circostanze diverse; esse potrebbero forse conciliarsi, se si conoscessero le circostanze accidentali, dalle quali probabilmente dipendono.

Digitized by Google

minore di TS, la grossezza della medesima abbracciando circa 15° di circolo massimo.

632. — Non sarà necessario avvertire, che la detta circonferenza, ossia l'orlo della lente nebulosa[1] non è una curva regolare, molto meno una linea perfettamente circolare; vi saranno delle **parti sporgenti** oltre T, e queste cagioneranno il *fuso minore* (*Gegenschein*), vi saranno parti rientranti da V verso S, e queste cagioneranno il *cono interiore*, di luce più intensa; il successivo presentarsi delle irregolarità alla visuale TV (colla traslazione della Terra T intorno al Sole S) sarà la causa delle pulsazioni e delle altre variazioni di luce e di colore, di cui parlano i varii osservatori. Di più, le molecole staccate, che

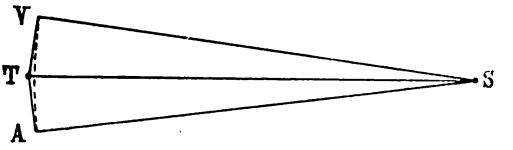


Fig. 148. Schema della Luce zodiacale.

costituiscono la nebulosa stessa, oltre il loro moto intorno al Sole, saranno soggette a continui spostamenti, atti a variarne l'aspetto esterno della Nebulosa stessa. Dalle osservazioni finora raccolte pare anzi probabile che il circuito dello sferoide, ossia i contorni esteriori della lente, formino piuttosto una ellisse (ovvero un ovale), l'asse maggiore della quale incontra sull'eclittica le longitudini di 100° e 220°. Il Sole stesso avrebbe in esso una posizione eccentrica e la Terra, passando dal proprio afelio al perielio (gennaio-giugno), lascerebbe la nebulosa ad una buona distanza verso il Sole, mentre nell'altro

(1) Colla parola *Lente* non si vuole indicare che la materia, di cui si tratta, abbia necessariamente una forma di lente continua; potrebbe pure trattarsi di uno o più anelli concentrici, oppure d'una figura spirale, simile a quella schematica (Fig. 137) della Via lattea (n. 588). Anzi il prof. Heis, benemerito osservatore della Luce zodiacale come il lodato Jones, credevano per qualche tempo possibile, trattarsi di un anello nebuloso intorno alla Terra, simile a quello di Saturno (n. 441); una ipotesi oramai insostenibile.

Digitized by Google

semestre, passando dal perielio all'afelio, la costeggerebbe quasi sempre, anzi alle volte camminerebbe francamente nella medesima.

633. — La Luce zodiacale sembrerebbe quindi una specie di continuazione della *Corona solare* (n. 331). Il polariscopio dimostra infatti trattarsi in ambedue i fenomeni di **luce riflessa** solare. Lo spettroscopio mostra nell'uno e nell'altro uno spettro continuo con una **striscia luminosa** verde-gialla, che per qualche tempo fu creduta identica.[1] Misure spettrografiche più esatte assegnano invece a quella della Corona una posizione (531,7 μμ), diversa da quella della Luce zodiacale (557,1 μμ). La striscia zodiacale però è identica ad una simile che osservasi nelle *aurore polari*, donde non pochi autori sospettarono una relazione fisica fra questi fenomeni di elettricità atmosferica e la Luce zodiacale; altri abbandonando la teoria cosmica della Luce zodiacale, la dichiararono una *Meteora* nel senso ristretto antico aristotelico, cioè appartenente del tutto all'atmosfera terrestre.

634. — Sarebbe cosa lunga se volessimo qui enumerare le **varie ipotesi** escogitate in questo senso dallo Stewart, Lockyer, De Marco, Serpieri ed altri, contro le quali si noti in primo luogo che quella striscia caratteristica delle aurore si osserva dappertutto, in tutta l'atmosfera, quando un'aurora si rende visibile sull'orizzonte. Potrebbe quindi darsi che anche quella osservata nella Luce zodiacale appartenga piuttosto alle alte regioni atmosferiche, che alla materia che costituisce il sostrato della Luce in questione. Si chiamarono in aiuto i *venti alisei* (n. 141) come conduttori o veicoli di correnti elettriche. Ma allora, domandiamo col P. Dechevrens, perchè quel nesso costante della luce col piano dell'eclittica? Come potrà un Sole, non 18° sotto l'orizzonte (come nel caso del crepuscolo astronomico; I, n. 239) ma 90° e più, illuminare l'atmosfera terrestre, alta appena 200 chilometri? Perchè allora il fenomeno segue il moto apparente della sfera celeste, come il Radiante delle stelle cadenti, le quali appunto perciò si dimostrano di

1) La mancanza delle solite righe oscure di Fraunhofer nello spettro continuo (solare) si spiega dalla larghezza della fenditura dello spettroscopio, necessaria per rendere visibile lo spettro d'una luce così debole.

Digitized by Google

essere di origine cosmica? Perchè non si osserva nessuna parallasse, che nel caso delle aurore polari si rende tanto evidente?

635. — Insomma a schiarire vieppiù la natura del curioso fenomeno della Luce zodiacale, ci vogliono nuove e diligenti osservazioni, fatte contemporaneamente in varie latitudini da osservatori competenti. Una **conciliazione** tra le varie teorie si potrebbe forse stabilire, ricordando i fenomeni della materia gassosa lucente delle code delle comete, soggetta a forze repulsive del Sole (n. 612). Ammettendo repulsioni simili, congiunte con fenomeni elettrici nella Luce zodiacale, considerando di più l'attrito dell'atmosfera terrestre con quei gas tenuissimi che attraversa nelle loro parti più estenuate, non sembra tanto difficile di rendere ragione di tutti i fenomeni finora osservati. L'atmosfera s o l a terrestre non ci pare sufficiente a mostrare quelle apparenze, le quali altrimenti dovrebbero essere osservate con uguale ovvero maggiore evidenza negli altri pianeti, dotati di un'atmosfera considerevole, dove la forza direttrice del Sole non mancherebbe di renderle visibili nel piano delle loro orbite.[1]

(1) Giova però ricordare quello che è stato detto sulla visibilità della parte oscura di Venere (n. 468) e Mercurio (n. 498), i quali dovrebbero essere immersi in quella materia gassosa molto più della Terra.

Digitized by Google

PARTE SESTA

COSMOGONIA E COSMOLOGIA

PRENOZIONI.

636. — L'ordine ammirabile (κόσμος) che regna in tutto il mondo (τὸ πᾶν = *universo*) fu la causa, perchè i Greci usarono semplicemente come sinonimi le due parole *Cosmos* e Mondo od Universo. **Cosmogonia** (γόνος = *origine*) chiamasi quindi quel ramo dell'Astronomia che tratta in modo particolare dell'origine, dell'ordinamento e sviluppo dell'Universo, in quanto questa successiva formazione è dovuta alle leggi fisiche, inerenti alla materia. Se i ragionamenti (λόγος = *ragione*) da farsi in questo riguardo si alzano sopra il livello della pura esperienza, ascendendo alle cause ulteriori e supreme, si entra piuttosto nel campo della filosofia, chiamato **Cosmologia.** (1)

Avendo nelle pagine precedenti fatta una rivista di tutte le varie specie di corpi celesti, della loro costituzione, del vincolo comune che li mette in relazione scambievole, siamo ora in grado di prendere un punto di vista più generale, di considerare cioè l'**Universo intero,** tutto il mondo visibile, per renderci conto coi nostri dati raccolti (senza però entrare in speculazioni troppo astratte) della sua struttura e grandezza, della sua origine e durata, del suo fine prossimo e rimoto.

Queste considerazioni renderanno poi, in secondo luogo, necessario un esame delle varie ipotesi e teorie cosmogoniche, stabilite dai tempi remoti dell'antichità fino ai giorni nostri. Colla questione dei destini del mondo è intimamente

(1) *Cosmografia* (γράφω = *scrivo*) chiamasi talvolta quella parte descrittiva dell'Astronomia che tratta della Sfera celeste e de' suoi circoli (I, n. 1 sg.).

Digitized by Google

connessa quella dell'abitabilità dei varii corpi celesti. Per non omettere niente che meriti la nostra attenzione anche in questo riguardo, concluderemo i nostri studi con una breve discussione della questione tanto dibattuta sulla cosidetta pluralità dei mondi abitati.

CAPITOLO I.

GRANDEZZA E STRUTTURA DELLL' UNIVERSO.

ART. I. — LA DISTANZA DELLE STELLE.

637. — Gli antichi, astronomi come filosofi, credettero il mondo intero essere di figura sferica. La loro cosidetta Sfera delle stelle fisse (*sphaera fixarum*, I, n. 327) aveva delle dimensioni definite e (secondo i nostri concetti moderni) assai modeste,[1] non arrivando forse neppure a quelle che oramai si attribuiscono all'orbita terrestre sola, ad ogni modo assai inferiore alla sfera del nostro **sistema solare** come lo conosciamo presentemente, nel quale l'orbita del pianeta Nettuno con un raggio vettore medio di circa $4\,{}^1/_2$ miliardi di chilometri (4493 000 000 km.) segnala per ora gli ultimi confini. Pochi spiriti privilegiati, come Aristarco nell'antichità (I, n. 341) e poi Copernico, il fondatore dell'astronomia moderna, osarono di asserire, e sostenere con argomenti non spregevoli, la distanza infinita delle stelle fisse, *infinita* cioè nel senso che queste non mostrano parallasse sensibile veruna, neppure nella supposizione della traslazione della Terra intorno al Sole (I, n. 356 e 433).

638. — Trovata finalmente questa parallasse col suo valore piccolissimo, che non oltrepassa in nessun caso un secondo di arco (I, n. 434), si vide non senza stupore, che la stella più vicina di tutte (*α Centauri*) aveva una distanza tanto più

(1) Non è senza interesse storico il rileggere l'argomentazione, colla quale il Sacro Bosco nel suo *Trattato della Sfera*, e dopo lui molti altri de' suoi commentatori, pretendono di provare con argomenti astratti la sfericità del cielo stellato. Il P. Clavio ne' suoi commentari mostra però già la futilità di quelle ragioni.

Digitized by Google

grande delle dimensioni, anche massime, del nostro sistema solare, che invece dell'*unità* di misura fino allora usata (distanza media della Terra dal Sole), se ne dovette adottare una molto più grande, cioè l'**anno di luce,** ossia la dimensione dello spazio percorso dal raggio luminoso in 1 anno. Considerando dunque che la luce percorre in 1ˢ già lo spazio considerevole di 300 000 km., in un giorno 24 × 60 × 60, ossia 86 400 volte 300 000 km., cioè non meno di 25 920 milioni di chilometri, e moltiplicando di nuovo questo numero per 365, otteniamo circa 9 $^1/_2$ bilioni di km., più precisamente 9 460 800 milioni di chilometri!

Dunque la **stella più vicina** (colla parallasse di 0″,71), la luce della quale impiega 4,6 anni per arrivare alla Terra, si trova alla distanza quasi incredibile di circa 44 bilioni di chilometri!

639. — Una delle stelle più vicine a noi, dopo α Centauri, è **Sirio,** la più splendida dei nostri cieli nordici, con una parallasse di 0″,38, equivalente a 8,5 *anni di luce*, ossia a 206265 : 0,38 = 542803 volte la distanza del Sole dalla Terra.(1)

V'ha poi una ventina di altre stelle, la parallasse delle quali supera 0 arriva almeno a 0″,1. Tutte le altre, per la minutezza dell'angolo parallattico, si sottraggono finora a misure precise. Esse si trovano dunque a distanze più grandi di *30 anni di luce!*

Notevole è pure il fatto che tra le stelle d'una parallasse appena sensibile si trovano stelle di prima grandezza, come per es. **Vega** (α *Lyrae*), con 0″,16 equivalenti a 20 anni di luce (anzi, secondo misure più recenti di Elkin, essa avrebbe una distanza di 40 anni di luce); mentre altre più piccole, come per es. *61 Cygni*, impiega appena 7 anni per mandare a noi i suoi raggi luminosi. Da ciò si vede quanto sarebbe fallace il credere le stelle in apparenza più grandi, perciò anche più vicine; ciò non ostante rimane notevole che, ammesso questo principio, almeno per alcune stelle, la distanza di quelle tra

(1) Per vedere dal centro d'un circolo la distanza media della Terra dal Sole come un arco di 1″, ci vorrebbe un raggio uguale a 206 265 volte quella distanza (I, n. 156); per vederla sotto un angolo di $^1/_2$″, ci vorrebbe un raggio doppio, ossia 206 265 : $^1/_2$ = 206 265 : 0,5 = 412 530.

Digitized by Google

esse, appartenenti alla XV grandezza, richiederebbe 10 000 anni, perchè i loro raggi luminosi arrivino fino a noi.

640. — Considerazioni simili lasciamo al lettore, mettendo sotto i suoi occhi la seguente lista di alcune stelle, delle quali la distanza si è potuto accertare finora, con quel grado di precisione però che misure così delicate permettono:

Stella	Grandezza	Ascensione retta 1900	Declinazione 1900	Parallasse	Anni di luce
α Centauri	I	$14^h\ 32,^m8$	$-\ 60°\ 25'$	0″,71	4,6
61 Cygni	V.VI	21 2,4	+ 38 15	0,50	6,5
21 185 L*	VII.VIII	10 57,9	+ 36 38	0,48	6,7
α Aurigae	I	5 9,3	+ 45 54	0,39	8,3
α Canis mai. . . .	I	6 40,7	− 16 35	0,38	8,5
34 G*	VIII	0 12,7	+ 43 27	0,31	10,5
α Canis min. . . .	I	7 34,1	+ 5 29	0,28	11,6
1618 G	VI.VII	10 5,3	+ 49 58	0,26	12,5
η Cassiopeiae . . .	IV	0 43,0	+ 57 17	0,26	12,5
σ Draconis	V	19 32,5	+ 69 29	0,24	13,5
3077 B*	VI	23 8,5	+ 56 37	0,24	13,5
21 258 L.	VIII.IX	11 0,5	+ 44 2	0,23	14,2
17 414 AO* . . .	IX	17 37,0	+ 68 26	0,22	14,8
ε Indi	IV	21 55,7	− 57 12	0,22	14,8
α Aquilae	I	9 45,9	+ 8 36	0,19	17,1
o_2 Eridani	IV.V	4 10,7	− 7 49	0,19	17,1
p Ophiuchi	IV	18 0,4	+ 2 31	0,17	19,2
α Lyrae	I	18 33,6	+ 38 41	0,16	20,4
1830 G	VII	11 47,2	+ 38 26	0,15	21,7

* Le lettere L, G, B, A, O si riferiscono ai *Catalogi stellari* di Lalande, Groombridge, Bradley, Argelander ed Oeltzen.

Digitized by Google

641. — Una delle distanze più grandi, misurata con qualche approssimazione, è quella di **Rigel** (β *Orionis*) colla parallasse di 0″,01, equivalente a 320 *anni di luce!* Non è dunque un'illusione fantastica, se si parla di stelle, la luce delle quali impiega 500, forse 1000, ovvero parecchie *migliaia di anni* per arrivare al nostro sistema solare (n. 573), le dimensioni del quale, quantunque in sè gigantesche ed immense, vedute da quelle distanze enormi, si condensano in un punto indivisibile!

Si consideri poi che coll'ingrandimento dei nostri telescopi, capaci a scandagliare sempre meglio l'**immensità degli spazii celesti**, non si è potuto arrivare ai limiti dell'universo visibile. Coll'aumento del potere ottico dei grandiosi cannocchiali moderni (I, n. 181) compariscono sempre stellette nuove, finora non vedute; anzi, invece di diminuire il numero coll'apparente piccolezza, esse crescono così smisuratamente, che non rimane altro che esclamare col Salmista: *Abyssus abyssum invocat* (Ps. XLI, 8); un abisso di mondi sterminati richiama un altro, e ciò senza fine determinabile.

Art. II. — Il numero delle stelle.

642. — La stessa **Sacra Scrittura**, volendo esprimere una quantità innumerevole di cose, usa due confronti significanti, uno col numero dei grani di sabbia che trovansi sulla spiaggia del mare, ed un altro col numero delle stelle del cielo.[1] E se già il numero delle stelle visibili ad occhio nudo è semplicemente **indeterminabile**, quanto più quello delle stelle telescopiche?[2] Quanti cumuli stellari (n. 582) si mostrano ancora irresolubili ed indecifrabili agli strumenti più potenti dei nostri grandi Osservatori!

(1) Cf. *Gen.* XV, 5; Ierem. XXXIII, 22. Viceversa il poter numerare le stelle e dare un nome alle singole viene dai sacri libri celebrato come una prerogativa divina. *Ps.* CXLVI, 4. Baruch, III, 33.

(2) Nell'*Astrometria* (I, nn. 21 e 22) fu detto che il numero delle stelle visibili ad occhio nudo sia di 7000 circa, aggiungendo però che in questo numero sono incluse soltanto le stelle ben distinguibili l'una dall'altra. Rimasero perciò escluse per es. le stelle innumerevoli della Via lattea, la quale senza dubbio è ben visibile ad occhio nudo (n. 585), ma non vi si distinguono che poche stelle individuali.

Digitized by Google

I primi che tentarono un'enumerazione delle stelle telescopiche, furono i due Herschel (padre e figlio), Guglielmo e Giovanni. I loro **scandagli** (*star gauges*), fatti col grande riflessore (I, n. 180), benchè dessero soltanto risultati approssimativi, constatarono nondimeno due fatti importanti: 1° la grande varietà nella distribuzione delle stelle [1] e 2° il crescere del loro numero colla loro grandezza apparente.

643. — Secondo le enumerazioni più precise di Argelander, [2] in tutto il cielo (dalla I alla IX grandezza) si avrebbero circa 200 000 stelle, cioè:

Stelle	20	65	190	425	1100	3200	13 000	40 000	142 000
di grandezza	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

Questa successione di numeri forma una specie di progressione geometrica, col fattore 3; continuandola colla stessa legge, si arriverebbe colla XV grandezza (ossia col numero delle stellette ancora visibili nei telescopi di mediocre grandezza) al numero spettacoloso di 100 milioni; il **numero totale** sarebbe da 150 a 200 milioni! Imaginando questo numero ugualmente distribuito sulla sfera celeste, si contano in media, per una superficie non maggiore del disco lunare, un numero di mille stelle!

644. — Questo aumento continuo di stelle visibili dimostra l' **immensità degli spazii** da esse occupati. Alcuni autori li dicono semplicemente *infiniti*, come vorrebbero *infinito* il numero degli astri che ad intervalli grandissimi formano per così dire le stazioni per la triangolazione di quelle contrade, in confronto delle quali tutto ciò che suggeriscono le misure eseguibili quaggiù, sono idee del tutto inadeguate. Che cosa è la nostra Terra, che per noi già ha tutta la grandiosità d'un mondo intero, in confronto del Sole, di quel globo ardente, nell'interno del quale la Terra col suo satellite, girante liberamente intorno ad essa, troverebbero comodamente posto?

(1) Il medesimo telescopio collo stesso oculare mostrò in alcune regioni appena una dozzina di stelle, in altre 10 e 100 mila.

(2) *Sulla distribuzione generale delle stelle nello spazio* esiste un bel lavoro pubblicato dal prof. G. Celoria, dell' osservatorio di Milano, che conferma gli scandagli degli Herschel, le enumerazioni e stime di Argelander, Littrow ed altri. Cf. *Spettroscopisti italiani*, 1878, p. 81.

Digitized by Google

E questo Sole gigantesco, in mezzo al mondo planetario che lo circonda, diventa di nuovo un punto luminoso, senza estensione visibile. E tutto il sistema solare con un diametro di dieci mila milioni di chilometri, che cosa è in confronto dello spazio, che si estende tra esso ed il sole più vicino che supera questa immensa distanza 4000 volte e più? Vi sono poi tutte le ragioni a supporre distanze simili da una stella all'altra, e ciò in quel numero sterminato di astri visibili ad occhio nudo, in quegli ammassi innumerevoli di stellette, distinguibili nei nostri grandi telescopi, inscritti sulle nostre lastre fotografiche? O quanto più grande e immenso deve essere l'Autore ed il Creatore di ciò, si esclama qui spontaneamente con tutti i sapienti di tutti i tempi! (1)

645. — Ciò non ostante, il numero totale delle stelle non può essere veramente infinito; poichè un tale numero attualmente realizzato, come osservano appositamente i filosofi, o sarebbe un numero pari o dispari; sottraendone uno solo, il pari diventerebbe dispari e viceversa; il **numero infinito** per la sottrazione di uno solo diventerebbe *finito*; e viceversa una quantità finita, aggiunta ad un'altra finita, farebbe una quantità infinita: tutte cose inammissibili. Insomma infinito, e ciò sotto ogni rispetto, è il solo autore dell'universo, è Dio solo. Il noto Olbers (I, n. 408), per provare anche empiricamente che il numero delle stelle non possa essere infinito, argomentò in questo modo: Se il numero dei corpi celesti (dotati di luce propria) fosse infinito, il fondo del cielo dappertutto dovrebbe essere chiaro e luminoso; questo non è il caso; dunque questo numero è determinato e finito. Questa argomentazione però suppone (gratuitamente) che la luce stellare, attraversando gli spazii, non venga mai completamente assorbita e quindi totalmente estinta per tutti quelli che trovansi a distanze ulteriori. Del resto è ugualmente chiaro, che anche un fondo celeste tutto chiaro e luminoso, viceversa non proverebbe l'infinità del numero delle stelle. Basterebbe a ciò un numero così sterminato che gli astri veduti da noi e proiettati visualmenle sopra questo fondo si toccassero nella proiezione a modo di un cumulo irresolubile di stelle.

(1) Lo stesso san Paolo (*Rom.* I, 20) allude a questa logica e necessaria conseguenza, chiamando perfino inescusabili quelli che la negano.

Digitized by Google

646. — Siccome il suono di un campanello è impercettibile al nostro orecchio, se manca l'aria, il veicolo che lo trasporta ai nostri sensi; così la luce stellare sarebbe invisibile al nostro occhio, se non vi fosse l'**etere** framezzo, che comunica colle sue vibrazioni quelle onde lontane all'organo della nostra vista. Questa sostanza, quantunque sottilissima ed impercettibile, nondimeno assorbisce la luce, e si può, dietro le esperienze fatte, calcolare il grado di estinzione. Secondo lo Struve basterebbe la distanza di 16 000 anni di luce a rendere impossibile ogni ulteriore propagazione dei raggi luminosi. Le epoche geologiche della sola Terra (n. 108), molto più lo sviluppo di tutto l'universo creato, suppongono un'età molto maggiore di tale periodo di tempo. Non è quindi gratuita l'asserzione che si aspetterebbe invano l'apparizione di *stelle nuove*, per lo sola ragione che la loro luce dal tempo della creazione non sia ancora arrivata quaggiù.[1]

(1) Si potrebbe in questo luogo domandare ulteriormente se oltre l'universo, fisicamente unito (per mezzo dell'*etere* suddetto), vi possano essere altri mondi, del tutto separati da questo, mancando cioè ogni mezzo di comunicazione sensibile col medesimo. A tali e simili domande in primo luogo rispondiamo col P. Secchi, che il mondo sensibile è più che sufficiente ad occupare la nostra studiosità e che il meramente possibile possiamo lasciare ad altri. Come è impossibile, dice il Secchi, provare tali concetti, così è inutile confutarli, e d'altronde è anche troppo per noi quello che vediamo, per non sognare quello che non vediamo. A dissipare però non pochi pregiudizi, pubblicati anche in libri di astronomia, ci sia permesso di suggerire qui alcune distinzioni da farsi. La parola *Mondo* ammette molti significati diversi. Quando si parla del mondo terrestre, del mondo lunare, del mondo di Giove, Saturno ecc., la parola è presa evidentemente in un senso ristretto e limitato, e nessuno dubita che in questo senso vi sia più di un mondo. Il mondo solare abbraccia già tutto il sistema planetario col suo corpo centrale, e l'esperienza, dimostrando l'esistenza di molti simili sistemi, conferma anche in questo senso la pluralità dei mondi. Tutti i sistemi esistenti, uniti almeno per la comunicazione dei raggi luminosi, formano però di nuovo un'*unità* più grandiosa, quella cioè che ordinariamente chiamasi l'*Universo*, il quale, comprendendo tutto il creato visibile, è di nuovo, come lo indica lo stesso nome, un mondo solo; anzi supponendo pure altri mondi invisibili e del tutto separati dal detto universo, tutti questi mondi si potrebbero ciò non ostante chiamare *uno*, uno cioè per la sua dipendenza dal Creatore, uno per il fine ultimo pel quale fu creato, uno per il nostro concetto universale che unisce (almeno mentalmente) i singoli membri del medesimo sotto l'idea di tutto il creato. Poste queste distinzioni non sarà

Digitized by Google

Art. III. — Struttura dell'Universo.

647. — La struttura del nostro sistema planetario, col suo meccanismo di forze e di movimenti, è oramai abbastanza conosciuto; tutto il libro dell'astromeccanica (I, n. 314 sgg.) ne diede prove sufficienti. Meno evidente è il vincolo che connette il sistema ed il suo corpo centrale (il Sole) coi sistemi più vicini del cielo stellato. Il **Sole centrale** (I, n. 616), intorno al quale, secondo il Mädler, si trasporterebbe il nostro Sole con tutto il suo corteggio planetario, non è ancora trovato, quantunque non si possa più dubitare di un moto di traslazione del nostro sistema verso la costellazione di Ercole. L'orbita solare, se veramente è un'orbita chiusa a modo delle orbite planetarie, ha una curvatura così poco differente da una linea retta, che secoli interi di osservazioni non bastano a definirla. Una forza attrattiva, come quella del nostro Sole, ad una distanza 10 000 volte più grande di quella della Terra (dal Sole), nello spazio di 100 anni non produrrebbe una parallasse misurabile coi nostri mezzi presenti.(1)

648. — Quello che più d'ogni altra cosa tra le stelle accenna a qualche relazione speciale tra il nostro sistema solare e quello delle stelle fisse, è la **Galassia** (n. 585), cioè quell'ammasso di stelle che cinge tutto il cielo intorno a noi, e dalla quale l'apparente distribuzione delle stelle alle regioni vicine sembra fare un salto piuttosto brusco. Non conoscendo la distanza attuale delle stelle che compongono la Via lattea,

difficile di interpretare quello che dicono parecchi dottori cristiani, come san Tommaso d'Aquino, che vi è un mondo solo: *Unum tantum mundum et non plures ponere conveniens est.* Altre distinzioni saranno necessarie, quando poi si parla della pluralità di mondi *abitati* (ovvero *abitabili*) specialmente da esseri ragionevoli, simili a noi; ma di ciò si tratterà in uno dei capitoli seguenti.

(1) Se quel Sole centrale fosse veramente da ricercarsi, come manteneva il Mädler, nella costellazione delle *Pleiadi*, questo gruppo, sorvegliato da più di un secolo, dovrebbe mostrare qualche spostamento nella sua configurazione; di ciò però finora non è niente accertato. Si deve quindi considerare almeno come prematura l'asserzione che *Alcyone* (la stella più brillante del gruppo) sia il centro di gravità del nostro sistema planetario, ovvero di tutto il sistema galattico.

Digitized by Google

non si può dire con certezza, se l'anello sia un mero effetto di prospettiva, o se in essa le stelle siano realmente più ravvicinate. L'analogia però con altri cumuli stellari e nebulose, in parte resolubili, rende più probabile la seconda sentenza, secondo la quale la Galassia stessa non sarebbe altro che uno di cotesti cumuli, che, veduto da lontano, apparirebbe come una nebulosa, tanto più piccola, quanto più lontana (Cfr. fig. 137, n. 588). Il nostro Sole con tutti i suoi pianeti formerebbe uno di quegli innumerevoli puntini, dei quali essa è composta, ed i quali a quella distanza sono appena resolubili nei più potenti telescopi. Tutta la nebulosa, veduta nella grandezza apparente del diametro lunare, impiegherebbe probabilmente centinaia di secoli a mandare la sua luce ad un osservatore così distante.[1]

649. — Le nebulose, specialmente quelle resolubili (n. 579), generalmente sono circondate da regioni prive di stelle, da una specie di **deserto celeste** (secondo l'espressione di J. Herschel). Questo fatto si rese così manifesto nei primi scandagli di Herschel, che l'arrivo a tali deserti per lui era l'annunzio che si avvicinava a qualche nebulosa. Così per es. la cosidetta *Nubecula minor* si trova non lontana da un cumulo globulare di stellette (*47 Tucani*), dal quale però è del tutto separata, ed oltre questo la regione circostante è una delle regioni celesti più povere di stelle. Ciò suggerisce l'idea che le stelle siano fisicamente connesse colle nebulose, che esse siano il risultato della condensazione di quegli ammassi gassosi. Nella Galassia, ricca di cumuli o nebulose resolubili, questo processo trovasi nei varii stadii di evoluzione in tutte le regioni, e così si spiega anche, perchè le stelle più grandi e luminose si trovano quasi tutte lungo la Galassia o in mezzo ad essa. Fuori della regione galattica si vedono poche stelle considerevoli, ma moltissime nebulose irresolubili, specialmente verso i poli della Via lattea.

650. — Tutto ciò ingrandisce di nuovo l'idea già formata sulla grandezza dell'Universo (n. 637 sgg.) come sulla piccolezza della nostra dimora terrestre con tutto il grandioso si-

(1) A percorrere il solo asse maggiore della nebulosa galattica, la luce impiegherebbe probabilmente già 12 000 anni.

Digitized by Google

stema solare, anzi con tutto il sistema galattico, al quale esso appartiene come un grano qualunque di sabbia forma parte dell'arena del mare! Simili **sistemi nebulosi**, senza numero distribuiti e sparsi per l'immensità degli spazi, formano gli ornamenti di quel grande duomo che chiamiamo l'Universo, il quale colla sua struttura ed architettura annunzia tanto più enfaticamente la grandezza, la potenza, l'immensità e la sapienza infinita del suo divino Architetto, quanto più noi piccoli della Terra coll'osservazione e col raziocinio penetriamo in quelle profondità inesauribili, vedendo avverarsi sempre meglio il detto del Salmista: *Coeli enarrant gloriam Dei et opera manuum eius annuntiat firmamentum* (*Ps.* XVIII).

CAPITOLO II.

SISTEMI COSMOGONICI.

ART. I. — IL SISTEMA KANT-LAPLACE.

(*Prenozioni storiche*).

651. — Il noto filosofo tedesco **Emanuele Kant,** ancora giovane (di 21 anni) pubblicò nel 1755 in Königsberg un piccolo trattato sullo *sviluppo dei sistemi celesti*,[1] nel quale tentò di spiegare per mezzo delle leggi astromeccaniche, specialmente per mezzo della gravitazione universale i successivi stadii, non solamente del sistema solare, ma di tutto l'universo. Supponendo una grande massa caotica primitiva di polvere cosmica senza moto, egli osserva come per la gravitazione universale le parti più condensate di quella massa (non omogenea) dovettero pian piano attrarre le particelle meno dense e cagionare con ciò un primo movimento. Conseguenza di questi moti in direzioni diversissime furono frequenti collisioni, dalle quali nacquero poi le varie rotazioni dei centri già più condensati. Il risultato finale di

(1) *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt.* Königsberg u. Leipzig 1755.

Digitized by Google

questi processi fu la formazione di alcuni centri principali di attrazione con altri secondarii, ossia la formazione del sistema solare co' suoi pianeti e satelliti. Un caso eccezionale in questo processo di condensazione successiva formerebbe, secondo Kant, il sistema di Saturno co' suoi anelli, i quali sarebbero piuttosto il risultato di un *distaccamento* d'una massa parziale dalla principale del pianeta, una specie di esalazione od evaporazione.

652. — Queste idee molto generali, senza prove scientifiche, pubblicate dal giovane Kant, eccitarono poco l'attenzione del pubblico anche per cause accidentali che impedirono la divulgazione. Soltanto, quando circa un mezzo secolo più tardi (1796) il celebre astromeccanico **Pietro Laplace** nella sua rinomata *Esposizione del sistema del mondo*[1] risuscitò la questione, confermandola con ragioni più particolareggiate, A. Humboldt scoprì l'opuscolo di Kant e ne additò il valore scientifico ai dotti, ed è perciò che il sistema, di cui parliamo, viene ora comunemente chiamato *Sistema Kant-Laplace*, quantunque tra le teorie dell'uno e dell'altro vi siano delle divergenze considerevoli. Laplace considera il solo sistema solare nostro, domandandosi, se la sua conformazione presente non possa essere un semplice risultato della gravitazione Newtoniana. Quello che eccitò l'attenzione di Laplace in questo riguardo furono i fatti seguenti: 1° che tutti i pianeti girano intorno al Sole nello stesso senso (con moto diretto I, nn. 315 e 355) ed in piani poco differenti (I, n. 593); 2° che lo stesso vale dei satelliti relativamente ai pianeti primarii (I, n. 410); 3° che anche la rotazione dei singoli corpi (fin allora osservata) intorno ad assi proprii si fa nello stesso senso (diretto) e che il piano equatoriale dei medesimi è poco differente da quello dell'orbita (n. 522); 4° che l'eccentricità delle singole orbite è piccola, specialmente in confronto colle orbite delle comete (periodiche), generalmente molto eccentriche (I, n. 600).

653. — Benchè la cognizione del sistema planetario al tempo di Laplace (1796) fosse abbastanza incompleta, non sapendosi ancora niente di Nettuno, dei cinquecento e più pianetini tra Marte e Giove (I, n. 407), dei satelliti di Marte,

(1) *Exposition du système du monde*. Paris 1796. La II edizione del 1808 è aumentata di un paragrafo.

Digitized by Google

di Urano e di Nettuno, ed ignorandosi pure l'esistenza di tre ulteriori satelliti di Giove (n. 431) e di altri due di Saturno (nn. 460 e 461), tutti scoperti dopo la (prima) pubblicazione del Laplace, ciononostante l'astronomo francese, nei vari movimenti del sistema così limitato, poteva enumerare ben 38 casi di concordanza, e non trovando nessuna eccezione, asserì senz'altro ciò non essere un vero caso, ma opera di legge fisica e di **evoluzione necessaria.**

La causa di tutto quel meccanismo fu quindi cercata nella materia primitiva incandescente, fluida e caotica, d'una estensione enorme, superante di molto in grandezza tutta la regione presentemente occupata dai pianeti, la quale circondava il Sole, ossia il centro più condensato, come un'atmosfera colossale, ruotante insieme al nucleo centrale intorno ad un asse pressochè perpendicolare all'eclittica. Prima conseguenza di tale rotazione fu una depressione polare considerevole di circa $\frac{1}{3}$. Col successivo raffreddarsi la nebulosa necessariamente si contraeva, formando degli anelli più o meno concentrici di materia cosmica più condensata, i quali poi, perdendo contatto tra sè, formarono il materiale di sistemi parziali, dei pianeti da essi formati. Come nel piano equatoriale del Sole ebbero in questo modo origine i pianeti primari, così nei piani equatoriali dei pianeti si condensarono simili sistemi secondarii, dai quali nacquero poi i cosidetti satelliti.

654. — In questo modo semplicissimo si spiegano (secondo Laplace) tutti quei quattro punti sopra enumerati, tutte quelle 38 concordanze, come una conseguenza fisicamente necessaria; anzi l'anello di Saturno tuttora esistente sembrava una illustrazione permanente del processo descritto così nelle sue linee più generali. La stessa *Luce zodiacale* poteva considerarsi come l'ultimo residuo della materia attenuata, non ancora raccolta dai nuclei planetarii.

Le comete, colla grande eccentricità delle loro orbite, mostrano appunto, che non ebbero parte da principio nella formazione del sistema, ma sono piuttosto da considerarsi come corpi lanciati dal di fuori nell'atmosfera solare e soltanto accidentalmente connessi col nostro sistema. È quindi naturale che in esse non si trovi quell'armonia e cospirazione di movimenti che vediamo nei pianeti.

Digitized by Google

655. — Giova però aggiungere le parole del medesimo Laplace, colle quali egli presentò queste idee al pubblico: « Comunque si pensi di quest'origine del nostro sistema planetario (dice egli), la quale io espongo con tutta la diffidenza, che deve inspirare tutto ciò che non è risultato dell'osservazione e del calcolo, è certo nondimeno, che il sistema, una volta formato, è oramai arrivato ad uno stadio di **stabilità** tale, che soltanto turbamenti esteriori potrebbero cambiarlo considerevolmente (I, n. 639) ».

Questa stabilità sembrerebbe quindi una conseguenza delle leggi generali della natura, come la stabilità dell'asse terrestre è una conseguenza della rotazione della Terra. È il nostro dovere di cercare queste leggi spesse volte nascoste. Del resto sarà sempre più prudente di confessare la nostra ignoranza delle medesime, che sostituire cause imaginarie.

656. — Kant e Laplace ebbero dei precursori nell'inglese Thomas Wright e nel francese Buffon, le pubblicazioni dei quali essi non ignorarono. **Wright** aveva già nel 1750 pubblicato un'opera intitolata *Teoria originale o nuova ipotesi sull'universo*,[1] nella quale, appoggiandosi sulle idee degli Herschel (n. 583), sostenne che il nostro Sole si trova in mezzo alla Galassia come in un sistema grandioso di stelle di forma lenticolare.

Buffon (scrive Laplace) è l'unico (quanto io sappia) che abbia fatto un tentativo per spiegare l'origine dei pianeti e dei loro satelliti. Egli suppone che una grande cometa, cadendo sul Sole, ne abbia strappato un pezzo enorme, un *torrente di materia,* la quale, raccogliendosi poi di nuovo a varie distanze dal Sole, formò il nucleo dei pianeti e dei satelliti, i quali vieppiù condensandosi e raffreddandosi, diventarono poi i corpi solidi ed oscuri, quali ora sono. Con quest'ardita ipotesi Buffon diede almeno un'apparente ragione, perchè i piani delle orbite planetarie passino tutte pel Sole, e perchè il loro moto di traslazione sia per tutti dello stesso senso. Tutto il resto però rimane senza spiegazione; anzi la poca eccentricità delle orbite sembra in contraddizione flagrante coll'ipotesi Buffoniana, la quale invece come osserva Laplace ridurrebbe i corpi

(1) *An original theory or new hypothesis of the Universe.*

Digitized by Google

così staccati dopo una rivoluzione completa di nuovo in contatto col Sole.

657. — **Precursori** delle idee di Kant e Laplace, in un senso più largo, potrebbero pure chiamarsi: Ruggiero Bacone, Keplero, Cartesio, Gassendi, Leibnizio, Borelli, Gilbert, Halley, Swedenborg, Whiston ed altri. Idee cosmogoniche più o meno simili si trovano già presso gli antichi: Platone, Aristotele, Cicerone, Lucrezio, Vergilio. Anzi la stessa S. Scrittura parla del caos, preesistente all'ordine presente del mondo, ed Ovidio (I, *Metam.* 5) ci ha lasciato i seguenti versi memorabili:

> Ante mare et terras et quod tegit omnia coelum
> Unus erat toto naturae vultus in orbe,
> Quem dixere chaos, rudis indigestaque moles,
> Nec quidquam nisi pondus iners, congestaque eodem
> Non bene junctarum discordia semina rerum.

Art. II. — Discussione e modificazione del Sistema.

658. — Il sistema Kant-Laplace da principio trovò **molti aderenti**, specialmente per quella parte che riguarda lo sviluppo del nostro sistema planetario. Esso fu presto popolarizzato per la facilità de' suoi concetti, ed ancora oggidì molti libri popolari ne parlano come d'una verità indiscutibile. Chi non ha letto, che la Luna una volta fece parte della Terra, dalla quale di poi fu staccata, prima come un anello, simile a quello di Saturno che poi si spezzò più tardi in varii pezzi, i quali però per la mutua attrazione si riunirono per formare il presente globo lunare? La cosa sembrò tanto vera, che si tentò di rifarla in piccolo, per mezzo del noto sperimento di Plateau (n. 449).

Il progresso delle cognizioni astronomiche diede nuove conferme: si potevano additare esempi di nebulose irregolari, spirali, planetarie che rappresentano ancora oggidì i varii stadii della nostra Nebulosa primitiva. Lo stesso P. Secchi attesta (*Le Soleil* II, 376), che i dotti del suo tempo, erano unanimi nell'ammettere, che il nostro sistema solare sia il risultato della condensazione d'una nebulosa, che si estendeva una volta oltre i limiti occupati attualmente dai pianeti più lontani.

Digitized by Google

659. — Voci avversarie però non mancarono a farsi sentire, specialmente nel tempo più recente, e ciò tra i medesimi astronomi: « La celebre ipotesi cosmogonica di Laplace, scrive l'astronomo francese H. Faye,[1] è in piena contraddizione con lo stato attuale della scienza e con le recenti scoperte astronomiche. Bisogna sostituire in suo luogo una nuova ipotesi! ». La formazione di anelli isolati nel senso di Laplace, dice il celebre Newcomb,[2] è impossibile, si formerebbe piuttosto uno strato continuo di materia nel piano equatoriale. Un tale strato si forma veramente nell'allegato sperimento del Plateau. Per ottenere col medesimo un anello separato, ovvero globuli isolati, ci vogliono artifizii speciali (per es. l'arresto brusco del filo ruotante). Perciò lo stesso inventore dello sperimento protestò di non averlo mai proposto come conferma di un sistema cosmogonico qualunque, ma semplicemente per illustrare le qualità delle lamine liquide sottili (p. 379, nota 1).[3]

660. — Le difficoltà principali, cagionate da scoperte posteriori, alle quali il Faye allude, come contrarie alle idee di Laplace, sarebbero: 1° il moto retrogrado e la forte inclinazione dei satelliti di Urano (n. 510) e di Nettuno (n. 514); 2° i moti velocissimi notati nei satelliti di Marte specialmente in Fobos (n. 410), il quale nel suo moto diurno (apparente su Marte), cammina da ovest verso est; 3° le forti inclinazioni di non poche orbite degli asteroidi (n. 520). A queste difficoltà si aggiungono recentemente le ultime scoperte dei nuovi satelliti di Giove e Saturno (l. c.), gli elementi dei quali sembrano poco favorevoli alle evoluzioni di Kant e Laplace. La rotazione del Sole medesimo col suo periodo di 25 giorni (n. 278) pareva troppo lenta allo stesso Laplace a poterla conciliare col processo descritto dal Kant, e perciò l'astronomo francese nel suo sistema suppone il Sole già formato, prima dei pianeti, e non, come Kant, dopo i medesimi.

In vista di tali e simili difficoltà, il Faye credette necessaria una modificazione radicale del sistema proposto, per salvarlo da un abbandono completo: *il sistema non è falso* (dice egli) *ma incompleto.*

(1) *Sur l'origine du monde.* Paris 1884, p. 5.
(2) *Popular Astronomy.* New York, 1878, p. 498.
(3) Cf. Poggendorf's *Annalen*, Band 114.

Digitized by Google

661. — **La modificazione,** suggerita dal Faye, consiste in ciò che nella nebulosa primitiva omogenea, sferica e ruotante la gravità doveva variare in ragione diretta della distanza dal centro.(1) Quindi alcuni degli anelli planetarii (da Mercurio fino a Saturno incl.) si sarebbero formati prima del Sole, il quale sarebbe stato fatto più tardi dai residui centrali. Formato il Sole, la legge dell'attrazione per la preponderanza della massa centrale avrebbe presa la formazione presente Newtoniana. Gli anelli interiori, formati prima del Sole, degenerando in pianeti e satelliti, avrebbero dovuto eseguire moti diretti (osservati), gli altri (formanti poi i sistemi di Urano e Nettuno) invece moti retrogradi.

La modificazione del Faye, volendo spiegare un'incognita nell'ipotesi, ne introduce invece una nuova, forse più oscura, cioè quella formazione di anelli interiori prima degli esteriori. Un anello poteva formarsi soltanto quando la forza centrifuga, cagionata dalla velocità di rotazione, equilibrava la centripeta; anzi, come osserva giustamente il Newcomb, in una massa omogenea ruotante, questo equilibrio si produrrebbe colla crescente rotazione successivamente in tutte le parti, formando, invece di anelli staccati, un disco tutto coerente (come lo mostra il citato sperimento del Plateau).

662. — **Una soluzione** più soddisfacente delle principali difficoltà contro il sistema Kant-Laplace, dà il P. Braun S. I. in un'opera, recentemente pubblicata sotto il titolo *Cosmogonia cristiana.*(2)

Concedendo, nella maggioranza dei casi, l'impossibilità della formazione di anelli, egli ritorna piuttosto alle idee di Kant, supponendo non una nebulosa primitiva omogenea (la quale da se stessa non potrebbe mai acquistare un moto di rotazione),

(1) Una particella posta alla distanza 1, 2, 3... sarebbe quindi stata attratta non come presentemente (esistendo un corpo preponderante centrale) con una forza 1, 4, 9..., ma 1, 2, 3... volte minore. Con ciò le particelle lontane dovevano ruotare con accelerazione maggiore delle interne. Negli anelli formati la parte interiore circolava meno presto che l'esteriore, donde nacque poi, in caso di pezzi staccati, un *vortice con rotazione retrograda*, embrione d'un pianeta.

(2) *Ueber Kosmogonie vom Standpunkt christlicher Wissenschaft.* Ed. III. Münster 1905.

Digitized by Google

ma una nebulosa già in varie parti più condensata. L'esistenza di tali nuclei potrà esser il risultato di condensazioni parziali, fattesi, prima che queste **nebulose parziali** esercitassero un'attrazione sensibile l'una sopra l'altra. Obbedendo poi pian piano all'attrazione scambievole, esse cominciarono a descrivere delle orbite complicate una intorno all'altra, che a cagione della estensione gigantesca di tutte quelle nebulose parziali, condussero tosto a collisioni, che unirono tutti finalmente in una grande nebulosa unica ruotante, con un nucleo centrale preponderante, e con nuclei parziali, giranti intorno al medesimo nello stesso senso.(1)

663. — Questa **rotazione universale** della nebulosa intera non suppone necessariamente che tutte le collisioni siano accadute dallo stesso lato e nello stesso senso tangenziale, ma vi potevano essere delle forze contrarie ed opposte che per qualche tempo si distrussero vicendevolmente; ma poi finalmente parteciparono alla rotazione universale, risultante dalle parziali. In questo modo la massa centrale poteva essere l'ultima a ruotare intorno a se stessa, e con ciò sarebbe già evitata la difficoltà della rotazione solare relativamente lenta,(2)

(1) Supponendo un globo nebuloso, d'un raggio 10 volte più grande dell'attuale raggio vettore (dell'orbita) di Nettuno, riempito colle masse di tutto il sistema, ugualmente distribuite, si avrebbe (secondo Faye) in un chilometro cubo non più materia di quella che trovasi in una lira di argento. La densità di cotale massa omogenea sarebbe 250 milioni di volte minore della densità dell'aria, che resta nel *vuoto* della macchina pneumatica, ossia dell'aria ridotta ad un millesimo della pressione atmosferica ordinaria.

(2) Se la massa primitiva fosse stata omogenea, dotata d'una rotazione uniforme, le masse ruotanti coll'avvicinarsi al centro, secondo la legge meccanica delle aree avrebbero dovuto accelerare sempre più la loro circolazione. Questo è di fatto il caso nei successivi pianeti e nello stesso Sole ruotante, non però nel rapporto richiesto da quella teoria. Lo scopritore della legge delle aree, il celebre Keplero, dedusse da simili considerazioni non soltanto il fatto della rotazione del Sole stesso (molto prima della scoperta del medesimo col cannocchiale), ma eziandio un probabile periodo di circa 3 giorni (Kepl. *Op.* ed. Frisch, III, 306). Calcoli più precisi richiederebbero un periodo ancora molto più breve (di circa 2^m!); lasciando cioè a Nettuno la sua rivoluzione in 165 anni, seguirebbero in numeri tondi per ♆ anni 67, per ♄ 17, per ♃ 5, ecc., i quali numeri poco corrispondono agli attuali ♆ 84, ♄ 30, ♃ 12, ecc.

Digitized by Google

anzi la rotazione stessa, come quella della nebulosa intera, viene dichiarata. Il risultato di quelle collisioni fu quindi una **nebulosa spirale** con nuclei (planetari) diversi, oltre il centrale (solare) (cf. Fig. 138, n. 589). L'astronomo Keeler, dietro le ricerche fotografiche fatte negli ultimi tempi, non dubita di chiamare cotesta forma spirale la predominante tra le (120 000) nebulose del cielo. La stella nuova (*Nova Persei*, n. 561) ci ha fornito ancora ultimamente un esempio insigne di simili collisioni, che accadono nelle regioni stellari. Anzi la fotografia delle nebulose apparse dipoi intorno alla Nova (Figura 149), potrebbero sembrare un' illustrazione del processo descritto nel numero precedente.

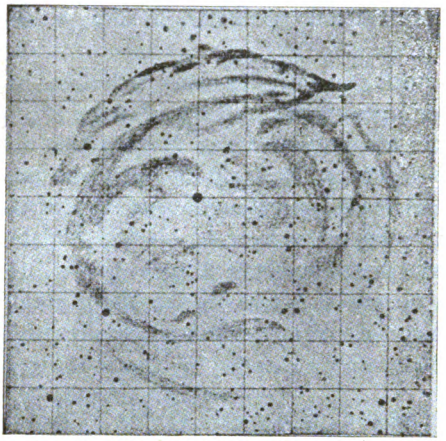


Fig. 149. Nebulose intorno alla stella nuova (Persei).

664. — L'incorporazione delle nebulose avventizie nella nebulosa principale (solare) non arrestò la condensazione di questa verso il centro, ma la modificò solamente nelle varie zone. I nuclei parziali ora esistenti formarono anch'essi altrettanti **centri parziali di attrazione** della materia circostante. Condensandosi e crescendo allo stesso tempo in massa e temperatura, essi sentirono vieppiù l'attrazione della massa centrale, ed avvicinandosi perciò pian piano alla medesima più presto della materia originale circostante, dovettero (secondo la legge meccanica delle aree, I, n. 373), accelerare il loro moto di traslazione intorno al centro comune (solare). Con ciò incontrarono sulla loro orbita sempre nuova materia da incorporarsi, spazzando per così dire allo stesso tempo tutto lo spazio delle loro orbite.

Questo incontro continuo di materia meno veloce dalla parte del Sole spiega, in un modo naturalissimo, non solamente **la rotazione** dei singoli pianeti, ma anche il fatto curioso che i più

Digitized by Google

grandi pianeti girano più presto intorno all'asse proprio che non i più piccoli.(1)

665. — La formazione dei satelliti non è altro che una ripetizione del processo generale descritto, in proporzioni minori e relativamente ai nuclei principali planetarii già formati. Questi, aumentandosi coll'incorporazione di nuclei minori circonvicini, colla crescente attrazione, cominciarono ad esercitare il loro influsso anche sopra nuclei secondarii più lontani che incontrarono coll'avvicinarsi al Sole. Era quindi cosa naturalissima, che questi associandosi finalmente e definitivamente al nuovo centro di attrazione, imitassero il loro moto, trasportandosi con **moto diretto** intorno ad essi. Perciò i loro piani orbitali differiscono relativamente poco dal piano equatoriale dei pianeti ai quali appartengono, il loro moto di traslazione è tanto più lento quanto più si trovano lontani dai rispettivi centri. Resta soltanto da spiegarsi il loro moto di r o t a z i o n e relativamente lentissimo intorno ad un asse proprio, il quale, fuori del caso della Luna, in parecchi altri sembra essere uguale al periodo della loro traslazione intorno al pianeta.(2)

666. — La rotazione dei satelliti intorno ad un asse proprio non poteva acquistare grande velocità per due ragioni: 1° perchè la materia da essi annessa era già assai rara per la condensazione del pianeta principale; 2° perchè colla loro formazione un nuovo agente cominciò presto manifestarsi, l'attrito cioè cagionato dal f l u s s o e r i f l u s s o delle masse superficiali fluide, le quali in quei periodi primordiali erano considerevoli.

Coll'andare delle epoche il freno esercitato sulla rotazione dei satelliti dovette produrre un rallentamento e finalmente il sincronismo, osservato tra rotazione e traslazione. Di più, es-

(1) Il caso si rassomiglia a quello d'una palla rotolante sopra un terreno (relativamente) fisso, il quale, combinato colla direzione del moto del centro della palla determina l'asse ed il senso della rotazione. Se la palla, invece di correre sopra un terreno tutto liscio, incontrasse piccoli ostacoli qua e là, gli elementi della sua rotazione sarebbero alquanto modificati. Ma questo è appunto il caso dei pianeti; nessuno quindi aspetterà una coincidenza perfetta e rigorosa del piano equatoriale dei medesimi col piano dell'orbita.

(2) I casi eccezionali di Urano, Nettuno, ecc. saranno trattati nell'articolo seguente.

Digitized by Google

sendo la materia nebulosa circostante tutta raccolta, il raffreddamento accelerato di questi corpi più piccoli, producendo in essi dei continenti, resistenti al flusso dei liquidi, affrettò il detto rallentamento.

Tutta questa teoria, così concepita, non sembra esposta a serie difficoltà; in essa i concetti fondamentali di Kant e Laplace sono conservati, le modificazioni introdotte erano necessarie a rimuovere tutto ciò che era inconciliabile coi fatti, ovvero colle leggi cosmologiche, quali sono oggi conosciute. Vi rimangono però ancora parecchi dubbi da schiarirsi nel seguente articolo.

Art. III. — Soluzione di alcune difficoltà rimanenti.

667. — Prima di tutto la teoria cosmogonica testè esposta non sembra dare ragione della grande **uniformità**, che regna nel sistema planetario. Perchè tutti i pianeti girano nello stesso senso e in piani pochissimo differenti intorno al Sole, se quelle nebulose avventizie vennero da tutte le direzioni dello spazio, come ora vengono ancora le comete, visitatrici del nostro sistema solare? Essi dovrebbero come queste avere delle orbite del tutto differenti, molto più eccentriche di quello che sono, e con moti tanto retrogradi quanto diretti. A ciò si risponde che il fatto, d'aver le orbite la stessa posizione, proverebbe che quelle nebulose accessorie siano venute tutte (o simultaneamente ovvero successivamente) dalle stesse regioni dello spazio, a foggia degli anelli meteorici tuttora esistenti (n. 615). L'urto poi eccentrico e la compenetrazione di quei giganteschi ammassi gassosi non permise un andamento ulteriore libero delle masse, catturate dalla nebulosa solare, ma cagionò piuttosto la rotazione dei singoli ammassi intorno al comune centro di gravità.

668. — Come poi i nuclei, formandosi nella comune nebulosa, vennero raggruppati più o meno nel **piano equatoriale** di tutto l'ammasso, si spiega per la forza centrifuga, sviluppata colla rotazione, la quale della massa pressochè globulare formò tosto un'ellissoide di rivoluzione, e poi colla crescente velocità una nebulosa di forma quasi lenticolare. Le forti inclinazioni di alcuni pianetini, (Pallas, Istria, Gallia, Bertha, ecc., n. 520),

Digitized by Google

sono senza dubbio dovute a qualche disturbo eccezionale. I pianeti principali si allontanano relativamente poco dal piano dell'equatore solare, mostrando (ad eccezione della Terra) un continuo aumento dell'inclinazione rispettiva, come vedesi dal seguente specchietto:

☿	♀	♁	♂	♃	♄	♅	♆
2° 54′	4° 9′	7° 30′	5° 50′	6° 24′	6° 44′	7° 30′	9° 7′

L'anomalia della Terra è probabilmente dovuta alle perturbazioni , cagionate dal vicino nucleo lunare, relativamente grosso, che non trova pari nei pianeti vicini.

669. — Gli **anelli di Saturno** esistenti tuttora potrebbero a prima vista sembrare una ragione in favore degli anelli di Laplace, dichiarati impossibili. Si noti però che lo stesso Kant diede già una spiegazione assai appropriata di quel sistema eccezionale, di cui si trattò più ampiamente di sopra (n. 446). Secondo Kant l'anello di Saturno fu prodotto dal pianeta stesso in un' epoca, quando il calore interno del medesimo dilatò l'atmosfera planetaria di molto oltre i limiti presenti.

Ruotando insieme al pianeta, le parti equatoriali più remote acquistarono col tempo una velocità (lineare) maggiore delle parti più vicine, la quale, colla forza centrifuga sviluppata, tenne equilibrio alla forza centripeta. Per conseguenza, quando dipoi col raffreddarsi del pianeta, le parti interiori ricaddero sul medesimo, quelle esteriori rimasero sospese, girando con velocità (angolare) diversa. L'attrito però delle particelle così sospese e l'azione vicendevole tra esse, tendendo ad una rotazione uniforme di tutta la massa anulare, avrebbe col tempo prodotta la distruzione dell'anello, se opportune rotture del medesimo in parecchi anelli concentrici isolati non avessero ritardato questo processo.(1) La difficoltà sparisce se gli anelli non sono altro che migliaia di satelliti (n. 453).

670. — Una delle difficoltà più forti contro il sistema nacque colla scoperta dei **satelliti di Marte**, dei quali uno, cioè Fobos (n. 410), compie una rivoluzione intorno al pianeta in un tempo

(1) Da questa spiegazione Kanziana si vede che egli deve essere considerato come vero precursore di Laplace, il quale (benchè indipendentemente e con modificazioni essenziali), estese questa teoria di anelli a tutti i pianeti. Quindi il nome di *Teoria Kant-Laplace* è pienamente giustificato.

Digitized by Google

più breve della rotazione di Marte stesso. Laplace dichiarò già a tempo suo, che un tale caso, trovato nel sistema planetario, equivarrebbe ad una confutazione della sua ipotesi.

Questo caso eccezionale di Fobos richiede senza dubbio anche una causa eccezionale, quale sarebbe per es. la cattura straordinaria di un pianetino vicino in un tempo, quando il pianeta era già abbastanza avanzato in età. Il piccolo satellite produsse (per la sua vicinanza) qualche marea non trascurabile sul pianeta, la quale incapace di rallentare considerevolmente la rotazione del pianeta, dovette viceversa tendere col tempo ad accelerare il moto di traslazione del satellite.

671. — Più difficile sembra la spiegazione del moto retrogrado dei **satelliti di Urano e Nettuno,** dei quali i primi (n. 510) fanno un angolo di 92°, l'altro (n. 514) perfino un angolo di 145° col piano dell'orbita dei rispettivi pianeti principali. Cresce poi la difficoltà pel fatto abbastanza accertato, che anche i piani equatoriali hanno simili forti inclinazioni (nn. 507 e 513).

Il P. Braun, negando la formazione di anelli successivi a vari intervalli, principalmente per la ragione che i nuclei parziali preesistevano agli anelli, e non furono, come volle Laplace, il risultato di questi, fa un'eccezione in ciò per Nettuno, credendo possibile in quei limiti estremi il processo lento e successivo d'una tale formazione. Urano aveva frattanto già raccolto il materiale nella sua sfera di azione e quindi l'interruzione del disco ruotante che doveva formare Nettuno, era già fatta. Dalla riunione però della materia, sparsa per l'anello così formato, dovette nascere un moto retrogrado, imperocchè le particelle nell'interno dell'anello, avendo un moto accelerato in confronto delle esteriori, col loro avvicinamento a queste, e riunendosi colle medesime in una massa sola, dovettero produrre una rotazione retrograda.[1]

672. — Il **caso di Urano** è un poco diverso. Questo pianeta trovandosi tra Nettuno col suo satellite, decisamente retrogrado, e tra Giove e Saturno con moti non meno deci-

(1) La ragione che gli anelli di Laplace, se avessero avuto luogo dappertutto, avrebbero avuto per conseguenza la prevalenza di moti retrogradi, è appunto una delle massime difficoltà contro il suo sistema.

Digitized by Google

samente diretti, forma una fase intermedia, e difatti i suoi satelliti, colle loro orbite, fanno un angolo quasi retto (92°) col piano dell'orbita planetaria. In questo caso la formazione di un anello completo fu impedito; concorrendo invece le cause dell'una e dell'altra origine, il risultato dovette essere quello che osserviamo. Dunque invece di creare una seria difficoltà, anche questo pianeta forma un membro ordinatissimo del sistema sopra esposto.

Vi sarebbero ancora da discutere i casi dei satelliti di Giove e Saturno, scoperti recentemente (n. 431 e 461), ma gli elementi di questi sono ancora troppo incerti; ad ogni modo anche essi non potranno più mettere in dubbio le date spiegazioni.

673. — Si potrebbe infine domandare, se la nostra teoria fornisca anche qualche spiegazione per **la differenza** che esiste tra i **pianeti inferiori** (☿, ♀, ♁, ♂) colla loro piccolezza, maggiore densità, rotazione relativamente lenta [1] e i **superiori** (♃, ♄, ♅, ♆) con massa molto maggiore, rotazione veloce e densità relativamente minore (cfr. tavola n. 522). Che la densità nella primitiva nebulosa solare dovesse col tempo sempre più crescere verso il centro della medesima e somministrare perciò anche materia più densa ai pianeti inferiori, sembra cosa naturale; ma come si spiega poi che il Sole, rimasto nel centro, ha una densità media tanto inferiore (n. 264)?

La relativa piccolezza dei pianeti più vicini al Sole si spiega dallo spazio minore, da essi percorsi, e dalla maggiore vicinanza al Sole, il quale prima del loro arrivo alla distanza presente aveva già assorbito buona parte di essa. Questa relativa piccolezza fu favorevole ad un raffreddamento accelerato e questo alla maggiore densità. Il Sole, come corpo centrale, ritiene ancora tutta la sua incandescenza e quindi la condensazione in esso è anche meno progredita che in Giove e Saturno.

(1) Rotazione relativamente lenta sarebbe anche quella di Venere e Mercurio nel caso della rotazione in 24 ore (nn. 480 e 498); anzi questa sembra, anche dal punto di vista cosmologico, in migliore armonia col resto del sistema.

Digitized by Google

Art. IV. — Cosmogonia dell'Universo.

674. — L'ulteriore sviluppo dei singoli corpi del nostro sistema planetario, fino alla costituzione presente, è stato sufficientemente trattato nella parte seconda e terza (n. 86-522). Resta quindi soltanto la questione, se le idee cosmogoniche degli articoli precedenti, trovino anche un'applicazione a tutto il mondo celeste, a tutto l'Universo. Lo stesso Kant non limita la sua teoria al mondo solare, ma l'estende al mondo più ampio delle stelle, principalmente al **sistema galattico** (n. 585), il quale colla sua forma più o meno lenticolare accenna a simili processi. Non si vede veramente il moto proprio, che dovrebbero avere le stelle fisse, componenti quel sistema grandioso, se girassero intorno ad un centro comune; ma non è senza fondamento quello che diceva Kant, che le distanze immense che separano quegli astri da noi, potrebbero fare scomparire moti anche vertiginosi, soltanto per noi sensibili dopo parecchi secoli di diligente ed accurata osservazione.(1)

675. — Vi sono moltissimi indizi che tutti i sistemi visibili sulla sfera celeste siano il risultato di **processi simili**, i varii stadii dei quali trovansi tuttora rappresentati tra gli astri del cielo. Ivi si vedono le nebulose irregolari ed irresolubili, non poche delle quali mostrano uno o più nuclei parzialmente condensati (n. 589); s'incontra un numero sterminato di nebulose spirali, che indicano movimenti intestini di rotazione (n. 591). Stelle nuove attestano di tempo in tempo collisioni di tali ammassi con altri sistemi vicini (n. 575). Gli stessi tipi spettrali (n. 546) sono evidentemente dovuti allo stato di sviluppo cosmico delle stelle particolari, le quali dallo stato di somma incandescenza scendono gradualmente a quello di raffreddamento, prima parziale poi totale, per diventare corpi oscuri simili ai nostri pianeti. L'attuale esistenza di tali corpi viene attestata da non pochi fatti osservati, sia di stelle variabili (n. 570), sia di perturbazioni

(1) Questo moto proprio è stato scoperto dopo, ma non come richiederebbe l'idea d'una rotazione di tutto il sistema galattico, supposta dal Kant.

Digitized by Google

evidenti (I, n. 623). Le stesse comete cogli anelli meteorici (I, n. 601) costituiscono tuttora un vincolo palpabile, che unisce il nostro sistema ai lontani sistemi simili; esse segnalano un ultimo stadio delle collisioni primordiali nel nostro sistema. L'identità finalmente delle forze fisiche che regnano nell'universo, l'identità dei corpi elementari, sono altri testimoni per l'analogia di sviluppo.

676. — A taluni dei nostri lettori l'esposta teoria sembrerà forse troppo materialistica. Non si può negare che parecchi tra gli eruditi cosmologi moderni chiudono volentieri un occhio sopra qualche punto debole del sistema, allargandolo anche in alcuni punti, sperando forse con ciò di poter compiere tutte le loro spiegazioni, senza dover ricorrere all'onnipotenza e sapienza d'un **Creatore e Governatore** dell'Universo. Altri meno indulgenti, ma forse non meno increduli, rigettano tutto, mancando la desiderata precisione matematica, colla quale essi vorrebbero vedere spiegato tutto il problema, formolato in questo modo: « Data una grande massa omogenea di materia, spiegare tutto il resto come conseguenza necessaria delle forze inerenti ».[1]

E chi, domandiamo noi ai secondi, ha creato questa materia? Chi ha dato queste forze? Chi è stato il primo motore? E chi, domandiamo ai primi, chi ha portato la vita in quei mondi, maturi a riceverla? Chi la mantiene? Chi la rinnova? Ecco la necessità d'un Creatore, d'un Governatore, d'un Ente infinito, eterno, onnipotente. Quelli che vorrebbero trasferire le qualità di questo Essere supremo alla stessa materia, ciò

(1) Lo stesso Laplace, interrogato da Napoleone, perchè nella sua opera non abbia parlato di Dio, rispose laconicamente di non aver avuto bisogno di tale ipotesi; parole che in sè considerate potrebbero sembrare poco rispettose, e forse anche empie e blasfeme. Pare però dalle inchieste fatte, che con esse l'astronomo francese volle soltanto indicare che il suo sistema non richiedeva un intervento immediato e straordinario di Dio, e ciò è verissimo anche per la modificazione del medesimo.

Ricordiamo qui un detto simile di Alfonso X (re di Leone e Castiglia, † 1284), celebre per l'efficace promozione degli studi astronomici, il quale, vedendo la complicazione del sistema planetario de' suoi tempi, diceva: « Se il creatore (di questo sistema) m'avesse consultato, gli avrei consigliato qualche cosa più semplice », volendo probabilmente con ciò indicare soltanto la poca verosimiglianza del sistema escogitato dai dotti.

Digitized by Google

fanno con insigne contraddizione ai principii più chiari d'una sana filosofia (per non dire niente delle verità rivelate): essi sono i veri materialisti ateistici o panteistici dei nostri giorni; non quelli che danno a Dio quello che è di Dio ed alla materia (sempre dipendente da Dio) quello che è della materia.

677. — Le leggi stesse naturali, comunque si estenda il loro dominio, comunque si mantenga la conservazione dell'energia nell'universo intero, la trasformazione di lavoro in calore, in luce, elettricità, coesione delle parti ecc. e viceversa, condurranno un giorno ad un **equilibrio universale**, ad un riposo perpetuo di tutte le forze della natura. Questo giorno sarà lontano quanto si vuole, ma verrà irrevocabilmente. E siccome l'attività cosmica universale avrebbe il suo fine inevitabile, predetto dalle prime autorità della scienza, dai Thomson, Helmholtz, Clausius ed altri, così essa deve aver avuto il suo principio, non da se stesso, ma da un Essere superiore alla materia, fuori della materia.(1) Se il grande orologio dell'universo, dice bene il P. Epping S. I.,(2) finalmente deve arrestarsi, sia pure dopo milioni di anni, vi deve essere uno che l'abbia caricato, forse altrettanti milioni di anni fa.

678. — Per schivare le conseguenze di questa deduzione logica ed inevitabile, risultante dalle stesse leggi naturali, la scoperta delle quali l'incredulità dei nostri giorni tanto volentieri quanto immeritevolmente chiama tutta sua,(3) non pochi scienziati moderni hanno escogitata una specie di **circolazione perpetua** (*Kreislauf im Kosmos*), di trasformazione circolare

(1) Non è lo scopo del nostro libro di dare ulteriori spiegazioni e prove di ciò. Chi le desidera, le trova in qualunque libro di sana filosofia.

(2) *Kreislauf im Kosmos*. Freiburg, 1882.

(3) Ricordiamo qui i sentimenti religiosi riferiti di sopra dei veri fondatori dell'astronomia moderna, di un Copernico (I, n. 352), Keplero (I, n. 377), Newton (I, n. 403), ai quali, come corollario, si potrebbero aggiungere non pochi testimoni moderni di autorità indubitabile, come d'un Piazzi, Le Verrier, Secchi, Heis, Respighi, ecc. Citiamo le sole parole del lodato Thomson (Lord Kelvin), che vive ancora tra noi e della competenza scientifica del quale nessuno dubita: « *Non temete i cosidetti liberi pensatori. Se voi ragionate bene, le scienze vi obbligheranno di credere in Dio. Troverete che la scienza non è in opposizione colla religione, ma conduce alla medesima* ». " Nineteenth Century ". Cf. *The American Catholic Quarterly Review*, XXVIII. Filadelfia, 1903, p. 603.

Digitized by Google

e vicendevole di nebulose in stelle, e di nuovo di stelle in nebulose. La caduta finale di tutti i pianeti nel Sole, gli darebbe nuova energia, dissiperebbe la massa intera del nostro sistema riconducendolo allo stato primitivo della nebulosa primitiva, per ricominciare di nuovo tutta la vita di prima, e rinnovare tutto lo sviluppo passato; insomma vi sarebbe un perpetuo nascere e morire, morire e nascere nella natura.

679. — Tra questi estremi il filosofo cristiano tiene il giusto mezzo. Per lui non c'è creatura senza creatore, non c'è moto senza motore, non c'è legge senza legislatore. Per lui il Creatore dell'Universo non sembra meno sapiente e meno potente, perchè ha saputo imporre alle sue creature leggi tali, che esse si sviluppano da sè nel decorso dei secoli e delle generazioni, senza la necessità di un intervento straordinario e miracoloso, compiendo fedelmente quei destini, pei quali furono chiamate dal niente. **Un certo rinnovarsi** però della natura osserviamo ogni anno, anzi ogni giorno, e come quaggiù sulla Terra tutto è disposto in modo maraviglioso per la conservazione temporanea degli individui e per la perpetuità delle specie, così la durata del nostro sistema planetario, e degli altri sistemi celesti, sembra similmente assicurato per uno spazio indeterminato di tempo (I, n. 641).[1] Correranno ancora migliaia di secoli, innanzi che il Sole si venga ad estinguere per intrinseca mancanza di energia, che la Terra nostra e con essa tutti i pianeti girino come corpi morti nelle tenebre dell'oscurità, spogliati d'ogni vita, d'ogni luce e d'ogni bellezza. Questa sorte però, che per la caducità delle cose create toccherebbe un giorno non solamente al Sole nostro, ma ai duecento e più milioni di soli splendenti, che formano ora la gioia dei cieli, se e quando abbia ad avere il suo effetto, chi potrebbe predirlo?

All'infinita bontà ed alla sapienza infinita del Creatore certo non mancano i mezzi di fare cieli nuovi e Terre nuove, di fare sorgere dagli stessi ordini esauriti nuovi ordini di mondi anche più belli dei precedenti: *Novos vero coelos et novam terram secundum promissa ipsius expectamus, in quibus iustitia habitat* (II, *Petr.* III, 13).

(1) Qualche catastrofe improvvisa potrebbe però accelerare la fine, specialmente di un sistema parziale (cf. I, n. 613).

Digitized by Google

CAPITOLO III.

SULLA PLURALITÀ DI MONDI ABITABILI.

680. — Il sentimento, col quale i **varii lettori** del nostro libro leggeranno l'iscrizione di quest'ultimo capitolo dell'Astrofisica, sarà probabilmente molto diverso. Gli uni, che considerano la soluzione di questo problema come lo scopo principale della scienza astronomica, e sono questi la maggioranza dei non astronomi, avranno aspettato con una certa impazienza questo capitolo e forse trovandolo casualmente prima di aver letto le parti precedenti, vorranno invertire l'ordine della lettura, cominciando colla fine, credendola la parte più interessante, per non dire la più importante. Altri invece, e questi saranno gli uomini della cattedra, i professori e studenti serii della scienza astronomica, si stringeranno forse con un sorriso compassionevole nelle spalle, dicendo fra sè: che cosa ha da fare questo capo coll'astrofisica? Vi saranno però anche altri, e forse non pochi, i quali, avendo sentito tanto sull' accennata questione da uomini competenti ed incompetenti, amerebbero di vederla trattata una volta dal punto di vista d'un astronomo cristiano, il quale non si arresta davanti ai soli risultati matematici della sua scienza, ma si permette anche uno sguardo nel regno di idee più alte, niente aliene dalla sua scienza. Una breve ed oggettiva considerazione delle ragioni, proposte nei seguenti articoli, se agli uni sarà cosa aggradevole, agli altri, come speriamo, non sarà inutile. Proponiamo primo la questione del fatto, poi quella della possibilità di altri mondi abitati fuori della Terra.

ART. I. — QUESTIONE DEL FATTO DI MONDI ABITATI.

681. — Le osservazioni astronomiche non hanno fornito **nessun caso certo** di vita organica, esistente in qualunque altro corpo celeste, fuori della Terra nostra; molto meno può dirsi che le osservazioni abbiano data una prova indubitabile dell'esistenza d'un solo essere organico intelligente, simile all'uomo, sopra un corpo celeste qualunque.

Digitized by Google

Ecco in breve il verdetto, per molti sconsolante, della scienza esatta di osservazione e calcolo; ecco la ragione, perchè gli astronomi pratici o negano espressamente la loro competenza a sciogliere il tanto dibattuto problema, ovvero tacitamente preferiscono d'ignorarlo del tutto.

Se i nostri cannocchiali moderni coi loro ingrandimenti, da mille a cinque mila volte (I, n. 183), ci mostrassero sopra un pianeta qualunque un effetto, il quale, come le creazioni dell'arte ed industria umana, supporrebbe come causa un essere ragionevole, la cosa sarebbe ben altrimenti; ma di tali prodotti l'osservazione non sa nulla.

682. — Chi non avrebbe creduto abitato almeno il **mondo lunare**, così vicino ed in molte cose così simile al nostro? Ma invece si è veduto che la Luna non soltanto non mostra traccia di abitazioni attuali, ma che essa è un corpo celeste semplicemente inabitabile ad esseri organici simili a noi (n. 241 e seg.). Una grande città, come le nostre grandi capitali, collocata sulla Luna, sarebbe visibile e riconoscibile sulla Terra (I, n. 183); ma di tali o simili costruzioni l'osservazione non ci dice niente.(1)

Un osservatore fornito dei nostri mezzi di osservazione, posto sulla Luna, si accorgerebbe presto delle abitazioni nostre, dei grandi centri di civilizzazione, della sistematica coltura dei nostri campi, delle nuove strade per terra e per mare aperte al commercio umano. Viceversa dunque noi dovremmo accorgerci di simili cose sulla Luna, se ivi vi fossero, e ciò anche più facilmente, perchè la superficie lunare per la mancanza di un'atmosfera assorbente è più accessibile ai nostri scrutinii. Invece si vede un pianeta spento, un cimitero; ma neppure un cimitero a foggia dei nostri, con monumenti di un'arte una volta florida e vivente, ma senza traccia neppure di vita passata (n. 241).

683. — Dopo la Luna, il pianeta, sul quale si sperava per qualche tempo di scoprire i confratelli dell'*homo sapiens*, era

(1) Keplero al tempo suo (nell'opera postuma *Somnium lunare*) poteva ancora congetturare che i circhi lunari (n. 225) fossero grandiose circonvallazioni di paesi abitati; ma oramai essendosi accertata l'origine selenologica di quelle formazioni, quella ipotesi non regge più. L'assenza poi di acqua ed aria sulla Luna conferma abbastanza l'assenza di vita organica.

Digitized by Google

il pianeta **Marte**. La grande somiglianza che questo pianeta vicino mostra colla Terra nostra in tanti rispetti (n. 391), fu non irragionevolmente considerata come un argomento, se non certo, almeno molto probabile di simili condizioni in qualunque riguardo; specialmente la memorabile scoperta dei canali (n. 377). e più ancora il loro misterioso sdoppiamento in certi periodi (n. 384), sembrava quasi elevare a morale certezza la probabilità che ivi vi siano abitatori simili a noi; anzi forse più intelligenti, più abili, più perfezionati.

Bisogna però confessare che anche l'entusiasmo di quelle nuove speranze, in nessuna maniera incoraggiato dallo scopritore di quei fenomeni (n. 392), è calato di molto, specialmente dopochè la stessa oggettività di quelle apparenze è stata messa in dubbio (n. 398). Non si troverà verun osservatore serio del mondo marziale, il quale mantenga che l'abitazione di questo pianeta sia uscita dallo stadio d'una mera ipotesi.

684. — Con queste due risposte negative la questione del fatto accertato è già esaurita; almeno se parliamo di esseri ragionevoli. Si potrebbe però estendere la questione alla **vita organica** in genere, partecipata dagli animali e dalle stesse piante. È vero che certi cambiamenti di colorito tanto nella Luna (n. 243), quanto sul pianeta Marte (n. 393), si potrebbero spiegare col cambiamento di vegetazione nascente, crescente e decadente; si potrà anche concedere che una tale ipotesi faciliti la spiegazione di quei fenomeni; ma certezza non si può avere, neppure in questo punto. Altrove abbiamo accennato quanto miseramente perirono le prove fondate sopra i presuntivi microorganismi trovati nei meteoriti (n. 627). Se dunque gli argomenti per l'esistenza d'una minima pianticella sui mondi lontani rimangono così incerti, si capirà di leggieri, quanto siamo lontani da ciò che alcuni entusiasti di più mondi abitati già sognavano, di stabilire un mezzo di comunicazione diretta cogli altri mondi.[1]

1) Ricordiamo qui la proposta fatta di spedire una domanda alla Luna (n. 241, nota). Col 1905 è spirato il tempo utile per guadagnare un premio di 100 000 lire (depositato da una ricca americana presso l'Istituto di Francia) a chi otterrebbe una risposta da un corpo celeste qualunque.

Molto si sperava dal nuovo grande cannocchiale, che figurava all'Esposizione di Parigi nel 1900. I fondi necessari per la costruzione furono

Digitized by Google

Art. II. — Questione della possibilità.

685. — Vi sono anche oggidì non pochi dotti, i quali dichiarano semplicemente impossibile, che altri corpi celesti siano abitati; essi però distinguono bene l'*impossibilità assoluta* o *intrinseca* dall'impossibilità *relativa* od *estrinseca*.

Che il Creatore dell'universo, che ha voluto popolare la nostra piccola Terra con milioni e milioni di uomini, possa collocare simili esseri viventi sopra gli altri corpi celesti, chi vorrebbe negarlo? E se forse le condizioni attuali di quei corpi non permettono l'esistenza di organismi così cagionevoli, come il nostro, chi vorrebbe asserire che l'Onnipotente non possa creare organismi speciali, adattati a quelle condizioni? — Impossibilità assoluta o intrinseca dunque non c'è, non da parte dei corpi celesti innumerevoli, e molto meno da parte del Creatore onnipotente, il quale, come dice la Scrittura « anche dai sassi potrebbe suscitare figli di Abramo ».[1] La **possibilità assoluta** di più mondi abitati rimane quindi sana e salda.

686. — Non così semplice è la risposta alla questione d'una **possibilità relativa** o estrinseca; perchè molte distinzioni sono necessarie per non complicare lo stato della questione. Estrinsecamente impossibile si direbbe la pluralità dei mondi abitati, se d'altronde (anche da fonte non astronomica) si potesse avere certezza, che la Terra sola è abitata. Questa certezza si potrebbe avere per esempio per mezzo d'una rivelazione speciale divina. Si domanda quindi giustamente, se **la rivelazione** (realmente fatta) non contenga niente che esplicitamente o almeno implicitamente accenni a tale privilegio esclusivo della Terra. Chi legge per esempio la storia della creazione descritta da Mosè, gli inni del

raccolti in breve tempo appunto per l'entusiasmo suscitato di vedere la *Luna alla distanza di un metro* (come dicevano prima i giornali) o meglio (come fu dippoi debitamente corretto) alla distanza di 48 chilometri.

Noi, prima dello stabilimento del grande telescopio esprimemmo in un articolo d'un periodico [*Stimmen aus Maria Laach*, 1900, Heft 2] i nostri modesti dubbi sulla realizzazione delle speranze che si attaccavano a questo nuovo mezzo ottico ed i nostri prognostici di allora si sono avverati in tutti i particolari.

(1) *De lapidibus suscitare filios Abrahae* (Luc. III, 8).

Digitized by Google

Reale Salmista, le ispirate parole dei sacri scrittori, rimane sotto l'impressione, che l'uomo terrestre è il vero centro morale dell' Universo, che tutto il resto, Sole, Luna e tutte le stelle del firmamento sono create per l'uomo.(1) Voler quindi affermare la possibilità di simili creature altrove sembra equivalere ad una detronizzazione dell'uomo, ad un negare l'importanza, concessagli da Dio.

Di più si obbietta, che alcuni **dottori ecclesiastici** nei tempi passati non vollero neppure ammettere l'esistenza di abitatori terrestri antipodi: quanto più essi avrebbero rigettato l'idea di uomini di altri mondi? E finalmente lo stesso domma fondamentale del Cristianesimo, quello cioè dell'incarnazione della seconda persona della Divinità, a non pochi sembra soffrire un non so che di detrimento coll'ammissione di esseri ragionevoli sconosciuti, diversi dall'uomo in altri mondi.

687. — Tutte queste ragioni, messe fuori dagli avversari di più mondi, spiegano fino ad un certo grado il prudente riserbo dell'**autorità ecclesiastica** nella presente questione, sulla quale non esiste alcuna decisione autorevole. In quanto alle ragioni stesse, avvertiamo brevemente che la rivelazione non è stata fatta allo scopo di istruire l'uomo sulle dottrine astronomiche o cosmologiche, ma allo scopo di facilitare ad esso il conseguimento della salute eterna. I sacri scrittori nelle questioni riguardanti la struttura dell'universo (come già fu detto altrove I, n. 350) e le idee cosmologiche, generalmente parlando si adattarono alle dottrine vigenti dei loro tempi.(2)

L'accennata *detronizzazione* dell'uomo per la dottrina di più mondi abitati è una mera frase, colla quale i moderni razionalisti, non vergognandosi di mettere la propria ragione sopra tutto e perfino al di sopra della divina sapienza, cercano di scaricare l'odiosità di questo modo di procedere sui loro avversari, umili credenti e sudditi devoti d'un Creatore onnipotente, ai quali predicano un'umiltà nuova, materiale e disperata.

688. — Ogni cristiano, degno di questo nome, sa meglio di essi che come creatura contingente, dipendente in ogni ri-

(1) Cf. *Gen.* I; *Ps.* VIII, CXXXV, CXLVIII; MATTH. XXIV, 29, ecc.

(2) Ciò apparisce chiaro da uno studio recente di Schiaparelli: *L'astronomia nell'Antico Testamento*. Milano, 1905.

Digitized by Google

spetto dal suo Creatore, non rappresenta che un atomo quasi infinitesimo di tutto l'universo. La stessa fede che professa, gli insegna che nazioni intere, in confronto al Signore dei cieli, sono come una goccia d'acqua in confronto agli immensi oceani, come un niente (*omnes gentes quasi non sint, sic sunt coram eo et quasi nihilum et inanè reputatae sunt ei.* Is. XL, 17). Tutto questo però non toglie che l'uomo, come ente ragionevole, tra tutte le altre creature visibili, viventi su questa Terra, sia e rimanga la corona di questo mondo limitato, e se vi fossero anche milioni di altri mondi materialmente più vasti e più adorni di ogni bellezza materiale, ma privi di esseri ragionevoli, l'uomo sarebbe pure il **centro morale** di tutto l'universo visibile.(1) E siano pure milioni di altri mondi, nobilitati dalla presenza di abitatori, anche più perfetti dell'uomo terrestre, ciò non scemerebbe affatto l'insigne privilegio accordato all'uomo terrestre, di essere stato elevato a dignità sublimissima, dacchè il Verbo Divino si fece uomo. La natura dell'uomo terrestre, pel mistero dell'incarnazione dell'**Uomo-Dio**, è stata sublimata sopra gli stessi angeli e spiriti puri, di natura per sè più nobili dell'umana. Come essi così altri esseri ragionevoli, forse esistenti in altri mondi, dovrebbero inchinarsi reverentemente dinanzi al Verbo fatto Uomo, il quale secondo il detto di san Paolo: *Exinanivit semetipsum, formam servi accipiens* (Philip. II, 7).

689. — Ecco dove s'impara la vera umiltà, non dalla dottrina della pluralità dei mondi, ma dalla religione di Cristo. Non è niente alieno dal **sapiente governo** d'un Dio onni-

(1) Il P. Pesch, S. I., in un'opera voluminosa di *filosofia naturale* (*Die grossen Welträthsel*, 2ª ed. Freiburg, 1892, vol. II, p. 430) dice espressamente che la posizione importante dell'uomo nell'universo, per la prova di simili esseri ragionevoli sui corpi celesti non perderebbe niente della sua posizione importante, se non una pura espressione esterna ed accidentale della medesima.

Tanto siamo però lontano dalla prova di questi esseri, che autori moderni, dal punto di vista anche puramente materiale, sostengono ancora, con argomenti non spregevoli, il primato della Terra in quanto alla sua posizione centrale nell'universo ed al privilegio di possedere in sè sola l'insieme delle molteplici condizioni, richieste a mantenere sulla sua superficie la vita organica. Così per es. l'autore inglese A. R. Wallace in un articolo della «Fortnightly Review» (N. S. LXXIII, 380, 395) intitolato: *Man's place in the Universe as indicated by the New Astronomy.*

Digitized by Google

potente, di eleggere gli umili per confondere i forti.[1] Siccome la persona del Verbo non ha voluto assumere la natura angelica (per sè più nobile dell'umana), non ha scelto una città insigne per il luogo della sua nascita, non ha voluto apparire neppure tra gli uomini colla pompa d'un imperatore mondiale, così non sarebbe cosa da maravigliarsi, se tra tanti altri esseri ragionevoli, più nobili forse e più numerosi, tra altri mondi esistenti, avesse scelto la piccola Terra, desolata dal peccato. E se anche in quegli altri mondi, sui quali non ha voluto rivelarci niente, avesse avuto luogo una simile defezione di quelle creature dall'obbedienza divina, chi vorrebbe asserire che per ciò la mano d'un Dio onnipotente sia stata abbreviata in modo da non trovare per essi un modo di riconciliazione?[2]

690. — In quanto alla **difficoltà** mossa dalla negata esistenza di uomini antipodi, si concede volentieri che alcuni pochi dottori ecclesiastici (molti secoli fa) si mostrarono avversi a detta dottrina. La ragione però di quest'avversione derivò dalla supposizione (sbagliata), che tali uomini non potrebbero essere discendendi di Adamo. Quindi essi temevano per la dottrina cattolica sull'unità del genere umano, sull'universalità del peccato originale, sulla necessità della redenzione per tutti gli uomini (terrestri) ecc. Tutto ciò, come vedesi, non ha niente che fare colla dottrina della possibilità di altri mondi abitati. Quegli che credettero impossibile l'esistenza di uomini antipodi, per ragioni materiali, per sbagliate idee di *sopra* e *sotto* od altre simili, furono confutati fin dal tempo del grande Copernico, il quale nella sua lettera dedicatoria a Paolo III (I, n. 354), biasima lo scrittore insigne Lattanzio, che si era permesso di mettere in ridicolo tale dottrina.[3]

(1) *Quae stulta sunt mundi, elegit Deus, ut confundat sapientes: et infirma mundi elegit Deus ut confundat fortia* (I. *Cor.* I, 27).

(2) Della stessa redenzione del genere umano dice espressamente S. Tommaso: *Deus per suam omnipotentem virtutem poterat humanam naturam multis aliis modis reparare.* (*Summa theol.* P. I, qu. I, art. II).

(3) Allo stesso S. Agostino (sec. IV) pareva ancora una cosa storicamente inammissibile, che uomini discendenti da Adamo o Noè fossero pervenuti in quelle regioni (*Oceani immensitate trajecta*). *De civitate Dei*, lib. XVI, c. 9.

Così si spiega anche come il papa Zaccaria, nel secolo VIII, ordinò di deporre un sacerdote di nome Vergilio, perchè insegnava che sotto la

Digitized by Google

691. — Dunque neppure un'impossibilità estrinseca potrà stabilirsi nella questione nostra, e la stessa **Chiesa cattolica**, custode gelosa del deposito di fede ad essa accordato, aspetta con grande serenità che i progressi delle scienze naturali ci aprano nuovi orizzonti. Se veramente un giorno si arrivasse a provare con argomenti convincenti la presenza di abitatori di altri mondi, essa senza dubbio sarebbe tra i primi a salutare quei fratelli lontani, fratelli non di sangue, ma di comune fratellanza come creature ragionevoli dello stesso Padre universale, del Creatore dell'universo. Sono quindi vani i timori di quei pusillanimi, che da questa questione temono un conflitto tra le scienze naturali e l'autorità ecclesiastica, come sono vane le speranze degli avversari della Chiesa, che credono colla propugnazione non poco esagerata della pluralità dei mondi, di potere finalmente provare con un argomento convincente l'impossibilità d'un accordo fra la scienza e la fede.(1)

ART. III. — QUESTIONE DELLA PROBABILITÀ DI ALTRI MONDI ABITATI IN UN SENSO PIÙ RISTRETTO.

692. — Tra la negazione della prova assoluta di un fatto e la concessione della sua possibilità assoluta o relativa, giacciono molti gradi di minore o maggiore **probabilità**. Se diciamo di una cosa: *può essere*, questa possibilità può inchinarsi più o meno verso l'asserzione, ovvero verso la negazione della cosa; così pure nella questione presente. Le ragioni

Terra vi fosse un altro mondo con un Sole diverso ed una Luna diversa. Cf. BARONIO, *Annal. eccl.* ad ann. 748; tom. 9, p. 210. Un'esposizione più minuta del caso trovasi presso POHLE, *Die Sternenwelten und ihre Bewohner*. Köln, 1904, 4ª edit., pp. 498.

(1) L'autorevole periodico romano *La Civiltà Cattolica* pubblicò nel 1881 e 1882 tutta una serie di articoli sulla questione tanto dibattuta, senza accennare neppure da lontano che il domma cattolico possa soffrire qualche danno in questa discussione. Il lodato P. Braun nella sua *Cosmogonia* (n. 662), parlando della successiva estinzione dei corpi celesti dice espressamente: « Col tempo anch'essi avranno una temperatura atta a mantenere la vita organica ed allora il Creatore dell'universo farà forse anche sopra di essi crescere delle piante, produrrà degli animali e forse anche esseri ragionevoli; benchè di tutto ciò non si possa dire niente di certo » (l. c. 355).

Digitized by Google

poi, le quali in questa inclinazione della mente verso la parte positiva o negativa esercitano il loro influsso sul giudizio finale possono essere molteplici: soggettive ed oggettive, interne alla causa ovvero esterne. Talvolta sarà una certa indefinibile predilezione, un sentimento di simpatia che ci guida nella scelta; altra volta sarà uno studio troppo parziale, lo spirito di partito, l'effetto dell'educazione, il rispetto di qualche autorità, che determina per noi il grado di probabilità. Tutti questi **punti di vista** hanno esercitato il loro influsso nella questione presente e lo esercitano ancora. A noi però basta di mettere davanti al lettore quelle ragioni oggettive che sembrano meritare una seria considerazione, lasciando ad esso la scelta; poichè qui più che altrove sembra verificarsi il detto della Scrittura: *Mundum tradidit (Deus) disputationi eorum, ut non inveniat homo opus, quod operatus est Deus ab initio usque ad finem* (*Eccles.* III, 11).

693. — Come nel caso della possibilità, così rispetto alla probabilità possiamo distinguere una certa probabilità estrinseca dall'intrinseca. Tale probabilità estrinseca nel caso nostro potrebbe per esempio derivare da un sufficiente numero di **testimoni autorevoli**, da una certa tradizione continuata in favore della pluralità dei mondi abitati.

Infatti si citano una serie di nomi di sapienti dell'antichità, del medioevo e dei tempi più moderni, i quali mostraronsi favorevoli all'idea di più mondi abitati. Più forse di qualunque altro l'astronomo francese, Camillo Flammarion si è reso noto ad un pubblico più largo per lo zelo, col quale ha cercato di riunire tali testimonianze. Tra queste figurano i nomi di Platone († 348 a. C.), Lucrezio († 51 a. C.), Plutarco († 140 d. C.), Luciano di Samosata († 200 d. C.), Origene († 253), il Cardinale di Cusa († 1464), Giordano Bruno († 1600), Tycho Brahe († 1601), Keplero († 1630), Galilei († 1642), Gassendi († 1655), Huygens († 1695), ecc. A questi rappresentanti della scienza severa si aggiungono i nomi di autori più o meno dedicati alla poesia come Dante († 1321), Ariosto († 1533), il P. Kircher († 1680), Fontenelle († 1757), ecc.

Per dare un fondo conveniente al quadro così dipinto, si premettono le curiose idee che popoli interi dell'antichità, orientali ed occidentali, esternarono occasionalmente sia nei loro

Digitized by Google

miti, sia nei loro sistemi religiosi, rispetto alla questione che ci occupa.

694. — Lo spazio ristretto di quest'opera non ci permette di entrare in un esame minuto dei singoli testimoni. Contentiamoci quindi con un **compendioso riassunto.** Prima di tutto il consenso di molti, anche di nazioni intere, nell'asserzione d'una cosa vale poco, se si può assegnare facilmente la causa precaria di tale consenso, la quale nel caso nostro si trova facilmente nel desiderio occulto di tutti gli uomini di sapere qualche cosa di più intorno a quel mondo misterioso stellare, che ogni notte apre davanti agli occhi di tutti il suo libro, pieno di enimmi e di verità nascoste. Il consenso si spiega dalla vivacità della fantasia umana, la quale cerca di supplire coll'imaginazione quello, che l'intelletto più severo e rigoroso non vede; si spiega finalmente dal piacere, col quale il pubblico in generale sente parlare di quei mondi lontani, specialmente se il narratore veste la toga di savio e scienziato, di uno insomma che dovrebbe saperlo! (1) Nel caso nostro il consenso dei difensori della pluralità di mondi realmente abitati avrebbe qualche forza argomentativa, se questi almeno si mostrassero persuasi della verità, se il loro numero fosse considerevole in confronto degli avversarii e dei dubitanti, se le ragioni da essi adotte avessero vera forza di persuasione. Ma quasi tutti questi elementi mancano.

695. — Lasciando da parte le mitologie antiche, e le idee panteistiche moderne, che assai da lontano alludono alla questione che ci occupa, tra i nomi citati si trova soltanto l'uno o l'altro, il quale sostiene senza riserbo la tesi della pluralità dei mondi. (2) Mentre autori come Luciano, Dante,

(1) Da ciò nasce per lo stesso scrittore, sicuro di trovare un mondo di avidi lettori, la tentazione di esagerare la causa. Lo smercio poi che trovano tali scritti è un certificato molto dubbio del loro valore intrinseco.

(2) Gli *spiriti, reggitori* dei pianeti, dei quali parla Aristotele ed i suoi seguaci, non significano abitatori di altri mondi nel significato generalmente accettato; Lucrezio parla di altri uomini nelle parti sconosciute della Terra stessa (*esse alios aliis terrarum in partibus orbes*); Origene ricorreva all'esistenza di esseri ragionevoli in altri mondi per giustificare la sua falsa dottrina sulla preesistenza delle anime.

Il più esplicito nell'asserzione di altri mondi è forse il celebre Cardinale Nicolò di Cusa (cosa degna di nota per quelli che credono che la

Digitized by Google

Ariosto, il P. Kircher ecc. non fanno nessun segreto della finzione poetica, che si permettono, altri come i Pitagorici, come Plutarco, Macrobio, Keplero, Galilei, si occupano della sola Luna, ora da tutti creduta disabitata (n. 242). Altri manifestano soltanto una specie di desiderio, che quei globi celesti che osserviamo siano popolati come la Terra, ed esprimono la loro simpatia per quegli ipotetici fratelli lontani.

È vero, che coll'introduzione e colla generale accettazione del **sistema Copernicano**, nel quale alla Terra nostra non compete più il primato (materiale) nel sistema planetario, molto meno nell'Universo, l'idea di altri mondi abitati ha perduto non poco dell'improbabilità che sembrava avere nel sistema geocentrico. Lo mostrano i nomi stessi citati che appartengono a quell'epoca. Copernico stesso però non toccò, se non assai indirettamente la questione che ci occupa, contentandosi di chiamare (come già avea fatto il Cardinale di Cusa) la Terra una stella, come le altre. Keplero, il fedele discepolo di Copernico (I, n. 378), diede un passo più in avanti, parlando di abitatori della Luna; ma egli stesso chiamò il suo trattatello rispettivo un *sogno* (*Somnium seu de astronomia lunari*) che vide la luce soltanto dopo la sua morte, per cura di suo figlio. (1)

696. — Del resto nelle questioni di scienze puramente na-

Chiesa cattolica sia quasi *ex professo* avversaria a quella dottrina). Egli, un secolo prima di Copernico, espresse il sospetto che la Terra sia una stella come le altre, e per conseguenza, che anche gli altri astri siano popolati (*suspicantes nullam stellam inhabitatoribus carere*) da esseri però molto diversi da noi (*improportionabiles*). Così si legge nel suo trattato filosofico intitolato: *De docta ignorantia.*

(1) Cf. A. Müller, *Johann Keppler, der Gesetzgeber der neueren Astronomie.* Freiburg, 1903, p. 144 sg. It. *Die Bewohnbarkeit der Gestirne* nel periodico *Stimmen aus Maria Laach.* Freiburg, 1903, Heft VI. Anche il celebre Ugenio aveva composto un libretto col titolo Cosmotereos (*contemplatore dell'Universo*) ossia *Congetture sui mondi celesti ed il loro ornato*; ma anche questo opuscolo colle sue *congetture* non vide la luce se non dopo la morte dell'insigne astronomo. Lo stesso dicasi dell'opera di Gassendi, *Syntagma philosophicum* (1658), nel capo 6° della quale egli si domanda, se i vari pianeti possano essere abitati. Insomma fa l'impressione come se gli astronomi di professione avessero sentito una certa ripugnanza di uscire dal campo sicuro dell'osservazione, per entrare in quello di speculazioni così mal sicure.

Digitized by Google

turali l'autorità in favore d'una teoria vale tanto, quanto valgono **gli argomenti** proferiti per la medesima. Anzi il troppo appoggiarsi in tali materie sulle dottrine tradizionali significherebbe un vero impedimento al progresso della scienza.

Il vero sistema del mondo planetario non sarebbe mai stato ammesso, la chimica resterebbe ancora sempre ristretta ai famosi quattro elementi, la fisica dovrebbe rinunciare alle sue strepitose scoperte, se i sistemi tradizionali dell'antichità fossero stati considerati intangibili. Vediamo dunque quali sono le ragioni apportate per la popolazione degli astri; e per lasciare tutta la libertà ai difensori degli abitatori celesti, non vogliamo neppure restringere la questione a creature d'una costituzione del tutto simile alla nostra; poichè con tale **restrizione** rimarrebbe ben poco della pretesa probabilità. Imperocchè si proverebbe facilmente che tutte le stelle del firmamento, che dotate di luce propria formano altrettanti soli, come il Sole nostro, colla temperatura elevatissima, colla loro atmosfera infocata sarebbero incapaci di mantenere un organismo umano.

697. — Volendo restringere la questione ad esseri del tutto simili all'uomo terrestre, gli stessi **corpi oscuri** del nostro sistema planetario non sarebbero per niente adatti a dare alloggio ad un uomo della Terra, gli uni (come la Luna) per mancanza di aria ed acqua, gli altri (come Mercurio) per la troppa vicinanza al Sole, gli altri (come Urano e Nettuno) per la troppo grande distanza, altri (come Giove e Saturno) per la poca consistenza della superficie; altri per la piccolezza della loro mole (come tutti i pianetini piccoli tra Marte e Giove). Che cosa dunque rimarrebbe? Qualche probabilità pei pianeti Venere e Marte, supposto però che la rotazione diurna del primo non si compia, come si volle ultimamente, in 229 giorni (n. 474), ma in un periodo più corto; e nello stesso Marte le vicende delle stagioni, le condizioni climatiche, atmosferiche, le proporzioni tra la gravità e le forze muscolari, la pressione atmosferica, sarebbero ben diverse dalle nostre, cosicchè senza un acconciamento radicale, l'uomo della Terra si troverebbe ivi molto incomodato.

698. — Si potrà dire che vi saranno altri corpi oscuri nell'universo, forse altrettanti **sistemi planetarii**, quante sono le

Digitized by Google

stelle, dotate di luce propria, che formano i loro soli centrali. Ma qui andiamo troppo nel *forse*; volere determinare la maggiore o minore probabilità di tali congetture, coi dati astronomici, forniti dall'osservazione, sembra pressochè temerario. Sono ben pochi i casi, dove l'osservazione ed il calcolo ha potuto fornire qualche probabilità più palpabile per l'esistenza di tali corpi, come per es. nel caso delle stelle variabili (n. 570). È vero che le stelle luminose che accennano ad un raffreddamento progredito, e quindi ad una vicina estinzione, suggeriscono il sospetto fondato, che ve ne siano forse altrettante, già completamente estinte, e quindi invisibili a noi. Ma tali stelle estinte rappresenterebbero dei soli spenti, significherebbero piuttosto quello che sarebbe il nostro sistema planetario dopo l'estinzione del nostro Sole.

Per non lasciare indiscussa nessuna delle ragioni, che sembrano militare per la pluralità di mondi abitati, vediamo se almeno l'allegata analogia o convenienza faccia forza nel nostro intelletto.

Art. IV. — Ragioni di analogia e di convenienza.

699. — Sarebbe senza dubbio troppo angusta la nostra veduta, se volessimo restringere l'abitabilità dei corpi celesti all'organismo delicato e cagionevole dell'uomo terrestre.

Allarghiamo dunque i nostri concetti, e non pensiamo più ad uomini terrestri, ma semplicemente ad esseri ragionevoli, soltanto simili a noi, in quanto la loro anima come la nostra sia naturalmente unita ad un **organismo corporeo.**

Neppure è nuovo tale allargamento dell'orizzonte. Galilei per es., parlando dei possibili abitatori della Luna (n. 695), fra le altre cose dice espressamente, che questi potrebbero essere diversissimi da noi; e che noi rispetto ad essi ci troviamo più o meno nelle condizioni di un uomo, nato nelle selve tra le fiere e gli uccelli, che non avesse mai veduto l'elemento dell'acqua (laghi, fiumi, mari ed oceani): costui non potrebbe immaginarsi, che ci fossero nel mondo altri animali (i pesci) senza gambe, senza ali, i quali nondimeno camminano velocemente, non sulla superficie (dell'acqua), ma per entro tutta la profondità, e non solamente camminano, ma dovunque piace

Digitized by Google

loro, immobilmente si fermano (cosa che non possono fare gli uccelli nell'aria). Quanta fatica durerebbe egli per imaginarsi, che ivi anzi abitassero degli uomini, che vi fabbricassero palazzi e città (grandi navi e flotte intere) ed avessero tanta comodità nel viaggiare andando senza niuna fatica, con tutta la famiglia e con la casa e con la città intera, in paesi lontanissimi. (1)

700. — Posto però il problema con dati così generali, l'astronomo si ritira volontieri, lasciando piena libertà non solamente al filosofo, ma eziandio al poeta. Si diano pure le briglie alla vivacità dell'imaginazione, dice il Newcomb, colla certezza morale che le scienze naturali non avranno niente da dire nè *pro* nè *contro* le nostre fantasie. (2)

I lettori però, proclivi ad abusare pure di tale licenza, si ricordino sempre che allora non è più la scienza (esatta) che ragiona, ma la fantasia, che vola. A quelli poi che con evidente esagerazione vorrebbero la vita dapertutto ed in tutti i corpi celesti, serve il giusto monito del P. Salis. Ed allora perchè

(1) Op. Gal. (Ed. Naz. vol. VII: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, giornata I). Flammarion inverte la parabola e chiama quell'angusta veduta ragionamento di pesci (*raisonnements de poissons*), fingendo un pesce ragionando sull'impossibilità di vivere fuori dell'acqua. Il pesce però rimproverato potrebbe appellarsi al modo di vedere di tanti dotti moderni che non ammettono, se non quello che toccano colla mano, quello che si sottomette alle loro vivisezioni, all'analisi chimica ecc. secondo il detto di Goethe:

Daran erkenn ich den gelehrten Herrn
Was ihr nicht tastet, steht euch meilenfern
Was ihr nicht fasst, das fehlt euch ganz und gar
Was ihr nicht rechnet, glaubt ihr sei nicht wahr...
Faust, II, 4.

Il Flammarion stesso, rispondendo a certe obiezioni fatte dal Faye, si gloria d'essere considerato come il rappresentante attuale della dottrina della pluralità dei mondi. Leggendo le sue pagine (dice bene Schiaparelli) animate da calda eloquenza ed ardenti dell'ignoto, si è tratti ad esclamare coll'Ettore virgiliano:

Si Pergama dextra
Defendi possent, certe hac defensa fuissent.

Sappiano però i nostri lettori cattolici che i molteplici scritti di questo autore non sono scevri di idee anticattoliche, destramente disseminate nelle medesime.

(2) *Popular Astronomy*. New York, 1878, p. 519.

Digitized by Google

non ritornare alle idee (antiquate) di fare vivere lo stesso Sole e tutte le stelle ed i pianeti e le stesse rupi che compongono le loro masse? (1)

Scrittori entusiastici, dice il citato Newcomb, non solamente riempiono talvolta tutti i pianeti con abitatori, ma essi calcolano perfino il numero possibile di codesti abitanti, distribuendoli sopra il numero dei chilometri quadrati che offrono le superficie dei varii corpi celesti; anzi vi imaginano un buon numero di astronomi che osservano da quelle regioni la nostra piccola Terra. Quanto siano però improbabili simili fantasie, apparisce dalla storia del nostro globo terrestre, dal confronto della breve durata della sua popolazione con quello delle epoche geologiche precedenti.

701. — Tuttavia non si nega, che oltre la fantasia, anche la ragione ha la sua giusta parte nel problema così ampliato. **L'induzione e l'analogia**, queste potenti aiutatrici della scienza, sembrano alzare la loro voce per altri mondi abitati. Difatti la Terra, cosmologicamente considerata, non gode nessun privilegio sopra gli altri pianeti, suoi compagni; anzi confrontandola con parecchi di questi (♃, ♄), essa apparisce meno cospicua, meno grande, meno provveduta di ornati accessorii (satelliti, anelli, ecc.). In confronto poi col Sole, colle stelle fisse, dotate di luce propria, essa apparisce meno importante, meno durevole, di minore influsso sui sistemi vicini. Perchè dunque volere che questa Terra piccola, meschina, insignificante, un mondo minuscolo tra milioni di corpi celesti grandiosi, brillanti, giganteschi, sterminati, sia la sola abitata da esseri ragionevoli?

Se la Terra ha il suo asse di rotazione per dare colla vicenda regolare di giorno e notte sollievo a' suoi abitanti; se essa, per la collocazione obliqua di quest'asse, gode ogni anno di una variazione mirabile di temperatura e di stagioni per il benessere de' suoi cittadini; se la sua superficie è divisa così provvidamente in mari e continenti, in terreni fruttuosi ed incoltivabili; se le sue grandi vallate, interrotte dalle catene di alte montagne, se insomma tutta la struttura della medesima, in grande come in piccolo, sembra fatta ed adattata per ren-

(1) *Civiltà Cattolica*, 1882, Ser. XI, vol. VIII, p. 42.

Digitized by Google

dere più aggradevole la dimora de' suoi abitanti; perchè allora negare ad altri corpi celesti simili abitatori, simili coltivatori ed ammiratori?

702. — A questa argomentazione potrebbe però opporsi quello che dice il P. Secchi, che sarebbe ben angusta veduta quella, di voler modellato l'universo tutto sul tipo del nostro piccolo globo.

Se sulla Terra stessa, dice egli, regioni in proporzione assai più estese, sono incapaci di vita organica, qual sorpresa allora sarebbe, se fra tanti milioni di globi celesti, molti e molti sistemi fossero deserti? L'immensità della fabbrica non verrebbe perciò meno alla sua dignità, nè allo scopo inteso dall'Architetto. Tuttavia il medesimo concede volontieri che l'analogia colla Terra permetta di argomentare la generale esistenza di vita organica in altri mondi.[1] La grande **difficoltà** finora insolubile sta appunto in ciò, che noi non conosciamo lo scopo immediato, inteso dal Creatore, nella creazione di tanti mondi. Avvezzi a giudicare le cose dal nostro limitato punto di vista terrestre, crediamo facilmente sprecamento di forze e di energie quello che in un Essere onnipotente è una semplice prova di infinita magnificenza.

703. — L'astronomo inglese Proctor, ardente difensore di più mondi abitati, parlando di quell'**apparente sprecamento** in natura (*seeming wastes in nature*)[2] arriva alla stessa conclusione, che cioè le nostre cognizioni sul destino finale dell'universo sono troppo limitate ed imperfette da poter pronunziare sopra di esso un giudizio definitivo. Quello, dice egli, che dopo tanto progresso delle scienze possiamo dire con sicurezza, è contenuto nelle parole di san Paolo: *O altitudo divitiarum sapientiae et scientiae Dei: quam incomprehensibilia sunt iudicia eius, et investigabiles viae eius* (*Rom.* XI, 13).

Se Iddio per dare a noi, abitatori della Terra, una prova palpabile della sua onnipotenza, immensità, bontà, sapienza e

(1) Cf. Secchi, *La grandezza del creato nello spazio e nel tempo.* Due discorsi, letti all'Accademia Tiberina di Roma nei giorni 6 marzo 1876 e 7 maggio 1877. Pubblicati come appendice all'opera (postuma) del medesimo autore: *Fisica terrestre.* Torino e Roma, 1879.

(2) *Our place among infinities.* London, 1875, p. 44.

Digitized by Google

magnificenza infinita, avesse voluto creare quei milioni di mondi celesti (anche disabitati), chi potrebbe dire che ciò sarebbe prodigalità? Il Creatore di tutto l'universo, come ha creato i grani di sabbia che esistono nei nostri oceani e deserti in numero sterminato, così e colla stessa facilità poteva creare quei milioni di grani colossali, che chiamiamo corpi celesti, nell'immensità degli spazi, e ciò anche nel caso che un solo essere ragionevole, un uomo solo da ciò avesse dovuto trarre motivo, di conoscere le sublimi qualità del suo Creatore, di riverirlo, di adorarlo, di trovare in Lui e nella contemplazione delle sue opere, tutta la felicità dell'anima sua.

704. — Ciascuno scelga dunque quello che meglio gli piace. Chi col citato P. Secchi trova meno conveniente di restringere la vita alla sola Terra, l'estenda agli altri astri quanto la loro natura lo permette, senza paura di venire in conflitto colla scienza astronomica, ovvero colla religione. Anzi vi sono non pochi uomini dotti e pii, i quali col lodato astronomo romano, trovano un **certo sollievo** nel pensiero, che ivi non solamente vi siano altre creature ragionevoli, capaci di conoscere, di onorare e di amare il loro Creatore; ma che essi forse nel fervoroso servizio prestato alla divina maestà, superino non poco il genere umano della Terra. (1) « Speriamo almeno, continua lo stesso Secchi, che ivi non vi siano, come da noi, esseri disgraziati, i quali spingono il loro orgoglio fino alla negazione dell'esistenza e dell'intelligenza di Colui, al quale essi stessi devono non solamente la loro esistenza, ma anche la facoltà di conoscere tante meraviglie ».

(1) Il rinomato oratore francese P. Felix, S. I., saluta nella dottrina della pluralità di mondi abitati un'arma nuova per difendere la fede cattolica. L'astronomo H. Faye chiama assurdo il timore di alcuni, che per i nostri tentativi cosmologici la dimostrazione dell'esistenza di Dio venga compromessa, quasi non rimanesse più vero che i cieli raccontano la gloria di Dio. Il dotto abbate Moigno dimostra espressamente la conciliazione di natura e fede rispetto alla nostra questione. Il dott. G. Pohle, professore di teologia dommatica nell'Università di Breslavia, ha pubblicato un libro intero di più di 500 pagine sotto il titolo: *Die Sternenwelten und ihre Bewohner* (4ª edizione. Köln, 1904), nel capitolo XI del quale tratta *ex professo* la medesima questione; anch'egli è inclinato a credere che Iddio nella fedeltà di molte altre creature fuori di questa Terra trovi una specie di compenso per la sua gloria esterna, vilipesa da tanti uomini (l. c. pag. 470).

Digitized by Google

A noi, considerando tante ragioni pro e contro, pare difficile anche il puro decidere, quale delle opinioni opposte sia la più probabile. Ad ogni modo, siano gli altri corpi celesti abitati, come la Terra, siano disabitati, rimane sempre vero quello che canta il divino poeta:

La gloria di Colui che tutto muove,
Per l'universo penetra, e risplende
In una parte più e meno altrove.
(*Paradiso*, I).

705. — Tavola delle costanti principali di Sole e Luna.
(Suppletoria a quella dei pianeti n. 522, pag. 439).

Costanti	Sole	Luna
Diametro massimo apparente .	32′ 31″,4	33′ 33″,2
» minimo apparente .	31′ 27″,1	29′ 23″,6
» medio apparente . .	31′ 59″,26	31′ 8″,18
» reale in diametri ♁ .	108,4	0,27266
» » in chilometri .	1 383 000	3478
Superficie relativa (♁ = 1) . .	11 760	0,073
» in chilometri quadrati	6 bilioni *	37 222 680
Volume relativo (♁ = 1) . .	1 275 000	0,0203
» in chilometri cubi . .	138 trilioni *	22 106 milioni
Massa relativa (♁ = 1) . . .	322 800	0,0125522
Densità relativa (♁ = 1) . . .	0,253	0,615
» » (acqua = 1) .	1,39	3,38
Rotazione siderea	$25^d\ 5^h,6$	$27^d\ 7^h\ 43^m\ 11^s,5$
Caduta dei gravi (1° secondo) .	136 metri	0,829 metri

* 1 bilione = 10^{12}; 1 trilione = 10^{18}; vedi n. 323. Qualche divergenza tra i numeri sovracitati e quelli dati altrove, si spiega per i vari valori attribuiti alla parallasse solare.

Digitized by Google

APPENDICE

ASTROCRONACA

706. — Non può essere nostra intenzione, nè lo spazio rimasto ce lo permetterebbe, di dare qui un compendio completo della storia dell'astronomia; ma soltanto, secondo la promessa fatta nell'Introduzione (vol. I), un breve sommario dell'origine, del progresso e del compimento della scienza astronomica, dai tempi più remoti fino ai giorni nostri. Lo scopo principale di questo sommario è di sottoporre agli occhi del lettore in uno **specchietto cronologico** tutto ciò che è stato esposto più ampiamente, nei libri precedenti, sotto un punto di vista piuttosto didattico ed istruttivo. La citazione dei numeri rispettivi (del I o II volume), dove si tratta delle cose qui accennate, renderà anche più facile l'orientazione.

Distinguiamo tre periodi principali nello sviluppo storico delle cognizioni astronomiche, ai quali diamo i titoli di *Astronomia antica, medioevale* e *moderna*; per maggiore chiarezza però divideremo ciascuno di questi periodi principali in altri tre periodi secondari.

I. — Astronomia antica.
(4000–200 av. Cr.)

Astronomia antica chiamiamo quel periodo della scienza astronomica, che dai tempi preistorici si protrae fin alla costituzione di un sistema mondiale stabile, generalmente accettato, quale è quello di Ipparco e Claudio Tolomeo, che coincide pressochè col principio dell'êra cristiana. In questo lungo periodo di circa 4000 anni si possono distinguere tre periodi minori: uno *preistorico*, l'altro di *istituzioni primitive* astronomiche, il terzo quello di *sistemi particolari*.

Digitized by Google

A) *Astronomia preistorica* (4000–3000 av. Cr.).

707. — Nell'oscurità dei tempi si perdono le prime nozioni sulla nomenclatura degli astri (I, n. 1 sgg.), sulla volta celeste, appoggiata sugli orli d'una Terra, più o meno simile ad una vasta pianura circolare, popolata soltanto nelle regioni più centrali (I, n. 290). Il tramontare ed il rinascere degli astri si spiega coll'estinguersi dei medesimi nell'oceano, che circonda la terra, e col riaccendersi dei medesimi dopo la navigazione notturna, che li riconduce da levante ad oriente. Con ciò vennero date le prime idee dei punti cardinali, del meridiano, insomma la prima orientazione azimutale sulla terra stessa (I, n. 26 sg.). Le fasi lunari, col loro ritorno mensile, suggerirono il periodo di circa 30 giorni, d'una *lunazione*; le quattro fasi principali (🌑☽🌕☾), facilmente osservabili, si prestarono per computi minori di più giorni (*settimana*). Le vicende annue delle stagioni imposero da sè l'idea d'un periodo maggiore, ossia dell'anno solare, pressochè uguale a 12 lunazioni (I, n. 543). L'incommensurabilità, però dei detti periodi, così importanti per la vita umana tanto privata, quanto comune, siccome da una parte impedì un'uniformità assoluta nei varii computi, così dall'altra parte rese necessario lo studio dei moti di questi astri principali.

B) *Istituzioni primitive* (3000–500 av. Cr.).

708. — Le osservazioni del cielo stellato diventano una cosa regolare presso i popoli più colti dell'antichità, specialmente presso i Caldei (I, n. 324), Cinesi (I, n. 451) ed Egiziani (I, n. 446). Oltre il Sole e la Luna, le stelle erranti (i pianeti) attraggono l'attenzione dei savi. Si costruiscono i primi osservatorii astronomici, il lavoro regolare dei quali conduce tosto a certe scoperte importanti, come quella del *Saros* (I, n. 508), della determinazione dell'eclittica e della sua inclinazione (stabile) all'equatore; della divisione sessagesimale del circolo (I, n. 86) della dodicesimale dello zodiaco, del giorno ecc. (I, n. 83). L'arte gnomonica

Digitized by Google

viene coltivata (I, n. 88); le nozioni del tempo prendono forme più determinate (I, n. 81). Coll'estensione dei viaggi le idee sulla grandezza e figura globulare della Terra si perfezionano (I, n. 290). La scienza astronomica trovasi però dappertutto grandemente frammista con idee astrologiche, superstiziose e mitologiche (I, n. 321); anzi la speranza di conoscere mediante l'osservazione degli astri, l'influsso che essi sembravano esercitare sulle varie sorti della Terra e dei popoli, pare d'essere stato in quei tempi uno degli stimoli più efficaci a coltivare lo studio dell'astronomia, o meglio dell'astrologia.

C) *Sistemi particolari* (500–200 av. Cr.).

709. — Nell'Asia minore e nella Grecia si formano regolari scuole filosofiche, nelle quali lo studio dell'astronomia fiorisce sempre più. Così nella *scuola ionica* (I, n. 325), fondata da Taleto di Mileto († 580 av. Cr.), nella *accademica* (I, n. 327), detta anche *peripatetica*, fondata da Socrate († 400), e fiorente sotto Aristotele († 322), e nella *pitagorica* (I, n. 333), nominata così dal suo fondatore (Pitagora † 470). Mentre i principali rappresentanti della prima (Anassimene, Anassagora e Democrito) cercarono invano di trovare una spiegazione soddisfacente per la stabilità della Terra, quelli della seconda: Platone († 348), Eudosso († 356), Aristotele e Calippo († 323) stabilirono con robusta argomentazione, fondata sull'osservazione, non solo la libera sospensione d'una terra globulare in mezzo all'universo; ma essi svilupparono anche le idee fruttuose d'un sistema dell'universo coll'immaginazione delle Sfere omocentriche (I, n. 327), messe in moto da un motore supremo, che trasmette in un modo misterioso i varii movimenti della sfera suprema delle stelle fisse fino all'ultima lunare.

710. — Pitagora e la sua scuola diede un passo innanzi, sostituendo alla Terra ferma ed immobile degli accademici, una Terra mobile intorno al *fuoco centrale*, spiegando con ciò in un modo semplice il succedersi del giorno e della notte (I, n. 335). I Pitagorici furono anche i primi a cercare qualche legge nella disposizione armonica dei pianeti nello spazio; e benchè le loro ricerche abortissero in mere speculazioni

Digitized by Google

fantastiche sull'armonia delle sfere (I, n. 336), esse nondimeno più tardi servirono di stimolo ad altri, a cercare la disposizione vera e reale dei medesimi (I, n. 370).

Meglio di tutti però ragionò il meraviglioso Eraclide Pontico, il quale fiorì verso la metà del secolo IV av. Cr. Differentemente da Pitagora, egli suppone che il globo terrestre ogni giorno compia un giro semplice intorno ad un asse proprio. Secondo lui i pianeti Venere e Mercurio descrivono orbite (circolari), non intorno alla Terra, ma intorno al Sole (I, n. 337); anzi colla Terra mobile intorno al Sole fisso, egli crede potere spiegare le principali apparenze del sistema planetario.

Aristarco di Samo nel secolo seguente (III) adottò tutte queste idee giuste di Eraclide, estendendole al *moto eliocentrico* di tutti i pianeti (I, n. 341); ma non potendo confermare il nuovo sistema con argomenti efficaci, non potè neppure trovare aderenti sufficienti a trasmetterlo ai posteri. Il solo Seleuco (secolo II) sembra favorevole al medesimo, che poi a cagione dei numerosi avversari e degli scritti perduti, cadde in perfetta dimenticanza.

II. — Astronomia medioevale (200 av. Cr. a 1500 d. Cr.).

711. — Tutto questo periodo prende le mosse dal celebre Ipparco (sec. II av. Cr.), le idee del quale trovansi poi collegate e sviluppate nel famoso *Almagesto* (I, n. 16) del principale rappresentante della scuola alessandrina Claudio Tolomeo. Quest'opera insigne diventò per così dire il *libro di testo* di tutto questo tempo, non sempre però col maggiore vantaggio del progresso scientifico dell'astronomia. Potremo anche qui distinguere tre periodi secondari, quello cioè della *Scuola alessandrina*, dell'*Astronomia degli Arabi* e dell'*Astronomia ristaurata nell'Europa*.

A) *La Scuola alessandrina* (200 av. Cr. a 600 d. Cr.).

Alessandria nell'Egitto, fondata dal grande Alessandro (332 av. Cr.), diventò presto il centro di cultura greca, una specie di Università letteraria, specialmente delle scienze ma-

Digitized by Google

tematiche. Ivi troviamo i celebri geometri Euclide (+ 283) ed Apollonio (+ 220), gli astronomi pratici Aristillo e Timochari insieme al lodato Aristarco. Ipparco, in continua corrispondenza con quell'accademia, seppe alzare lo studio astronomico a vera scienza, coordinando varii sistemi di misura celeste (I, n. 26 sg.) e fondando il famoso sistema degli eccentrici ed epicicli, potè spiegare con maggiore matematica precisione le varie anomalie, osservate nei moti celesti (I. n. 342).

Ipparco viene comunemente considerato come scopritore della precessione degli equinozi (I, n. 441), del moto medio del Sole e della Luna (I, n. 454), dell'evezione lunare (I, n. 499); egli è il primo che compose un catalogo delle stelle fisse (I, n. 312); insomma con quest'uomo insigne l'astronomia entra in uno stadio nuovo, descritto poi con tanto successo da Claudio Tolomeo (100 a 150 d. Cr.), nell'*Almagesto* (I, n. 342). Oltre questi due campioni dell'astronomia, che vige poi per tutto il medioevo, Alessandria vide i lavori di Eratostene e Posidonio (I, n. 293), i quali determinarono più accuratamente il *metro astronomico* cioè la circonferenza del globo terrestre. Da Alessandria venne Sosigene il celebre riformatore del calendario sotto Giulio Cesare (I, n. 549). Molti altri scienziati fiorirono in Alessandria; sfortunatamente le loro opere, come quelle dell'antichità, radunate nella famosa Biblioteca alessandrina, perirono nella devastazione della città, fatta dai Saraceni nel 640 d. C. La scarsità delle notizie di quei tempi è principalmente dovuta al disastroso incendio di quei tesori scientifici.

B) *L'Astronomia presso gli Arabi* (600–1200 d. Cr.).

712. — Conquistatori di Alessandria, nella ruina della quale almeno l'*Almagesto* di Tolomeo fu salvato, gli Arabi, favoriti dal cielo limpido delle regioni da essi conquistate, si diedero con un certo slancio allo studio dell'astronomia (I, n. 17). Il loro califfo Abdallà Al Mamun ordinò nel secolo IX la misura esatta d'un grado di meridiano (I, n. 295) e fece costruire un regolare osservatorio astronomico presso Bagdad. Alba-

Digitized by Google

tani (*Albategnius* † 928) scopre lo spostamento della linea degli absidi dell'orbita solare (I, n. 459), corregge i valori tradizionali della precessione e dell'obliquità dell'eclittica (I, n. 451), compone un nuovo catalogo di stelle ed introduce l'uso dei seni e delle corde nei calcoli trigonometrici.

Alfragano, Al Sufi, Ibn Junis, Abul Wefa, Alhazen, Archazel, Abul Hasan ecc., sono tutti nomi noti nell'astrocronaca di quel periodo, specialmente per la coltivazione del calcolo trigonometrico, applicato all'astronomia, per la scoperta della rifrazione astronomica (I, n. 256), per il perfezionamento della teoria lunare (I, n. 497), e per la costruzione dei catalogi stellari. Del resto il sistema tolemaico rimane intatto.

C) *Rinascimento dell'Astronomia in Europa* (1200–1500 d. Cr.).

713. — Lo studio astronomico, poco coltivato nell'Europa durante il periodo precedente, ricevette un nuovo impulso quando il monaco inglese Sacrobosco (Holywood) nel 1220 scrisse il suo compendio astronomico *De sphaera*, il quale fondato sul sistema tolemaico, rese più facile e spedito e più accessibile a tutti lo studio dell'astronomia. Le successive 100 edizioni di quest'opuscolo (fino al 1700) rendono ampie testimonianze della sua utilità, ma eziandio dello stato stazionario, al quale si trovava la scienza astronomica in quei tempi, specialmente dopo la pace fatta tra i cosidetti Neopitagorici (I, n. 335) e gli aderenti delle sfere antiche, accomodate al sistema tolemaico (I, n. 351).

In Ispagna il re Alfonso X si mostrò grande promotore dell'astronomia, quando nel 1252 fece comporre da una Commissione di (50) dotti (Arabi, Ebrei e Cristiani) le cosidette *Tavole Alfonsine*, le quali superarono sotto molti riguardi quelle di Tolomeo.

In Germania il Purbach († 1461) e Giovanni Müller (Regiomontano † 1473) fecero molto per il ristauro degli studi astronomici. Il Müller, coll'aiuto del suo mecenate Bernardo Walther, costruì (1471) in Norimberga un primo osservatorio astronomico. I cardinali Di Cusa († 1464) e Bessarione († 1472) promossero non poco coi loro scritti

Digitized by Google

e colle loro esortazioni gli studii di quei dotti. Il Regiomontano non soltanto arricchì la sua specola di nuovi strumenti (I, n.144), coi quali fece molte ed utilissime osservazioni, ma si rese anche benemerito dell'astronomia per la pubblicazione di varii scritti, di un compendio dell'*Almagesto* e d'un primo almanacco con effemeridi astronomiche (I, n. 278).

III. — Astronomia moderna (1500-1900).

714. — Come fondatore dell'astronomia moderna senza verun dubbio deve considerarsi il canonico di Frauenburg Niccolò Copernico (I, n. 352). Legislatore della medesima può chiamarsi il celebre Keplero (I, n. 368). Il compimento però della teoria geocentrica, da essi fondata e consolidata, devesi al grande Newton (I, n. 395). Con questi tre uomini insigni lo studio astronomico arriva nei secoli XVI e XVII ad un grado di perfezionamento, che supera non poco quello di tutti gli altri rami di scienze naturali, coltivati in quei tempi. Sopra la base solida, messa da questi tre uomini eccezionali, i posteri poterono dedicarsi con non minore successo a ricerche più minute, specialmente dopochè l'invenzione strepitosa del cannocchiale (I, n. 170), seguita da quella non meno importante dell'orologio oscillatorio (I, n. 119), diede loro in mano mezzi nuovi ed allo stesso tempo efficacissimi, a fare scoperte del tutto nuove nel cielo stellato. Anche in questo periodo glorioso potremo distinguere tre periodi secondarii, quello cioè della *fondazione* dell'astronomia moderna, quello del *consolidamento* e quello dell'*ultimo* perfezionamento.

A) *Fondazione dell'astronomia moderna.* (1500-1700).

715. — Una causa estrinseca del rinascimento astronomico, specialmente presso gli uomini ecclesiastici, fu la crescente confusione dei calendari, i quali colle loro indicazioni non andavano più d'accordo cogli astri (I, n. 553).

Niccolò Copernico († 1543), volendo conoscere la radice di questo male, si dedicò con grande pazienza e con

Digitized by Google

erudizione non minore alla rivista dei varii sistemi planetari. Frutto di questo studio fu il famoso *sistema eliocentrico*, descritto e confermato nell'opera immortale *De Revolutionibus coelestibus libri sex* (I, n. 354).

Giovanni Keplero († 1630), fedele seguace delle idee Copernicane, utilizzando le molte ed accurate osservazioni di Tycho Brahe († 1601), riuscì tosto, dopo uno studio indefesso, a scoprire le sue *leggi* importanti, le quali resero superflui gli ultimi epicicli, lasciati da Copernico (I, n. 373).

Galileo Galilei († 1642) noto per le sue prime scoperte fatte col cannocchiale (I, n. 379), volendo rendere il sistema nuovo superiore a qualunque ulteriore dubbio, inciampò in varie (nuove) difficoltà, le quali per qualche tempo sembrarono minacciare l'esistenza legittima del sistema (I, n. 394).

Isacco Newton († 1727) scopre colla legge della *gravitazione* (I, n. 395) la causa delle leggi Kepleriane e del moto eliocentrico nel nostro sistema planetario; estendendo poi l'applicazione della medesima alle stesse comete, all'influsso degli astri (Sole e Luna) sulle maree, anzi alle stesse stelle, fin allora credute fisse (I, n. 581 e 618), ne mostrò l'universalità, chiamandola giustamente *gravitazione universale*.

Tutto questo periodo è ricco di una serie di nomi di astronomi celebri, i quali oltre i campioni suddetti, s'incontrano continuamente nello studio delle ricerche astronomiche e delle molte scoperte telescopiche fatte in quel tempo; basta ricordarne alcuni: Tycho Brahe († 1601), il P. Clavio († 1612), D. Fabricius († 1616), Bayer († 1625), il P. Scheiner († 1650), Gassendi († 1655), il P. Riccioli († 1671), Picard († 1682), Hevel († 1687), Huygens († 1695) ecc. Il campo delle ricerche astronomiche sotto la guida di tali uomini si estende dall'astrometria ed astromeccanica a quello dell'astrofisica, (II, n. 1 sgg.).

B) *Consolidamento dell'astronomia moderna* (1700–1800).

716. — La scoperta della propagazione successiva della luce, fatta dal Römer († 1710), e quella dell'aberrazione, fatta dal Bradley († 1727), danno appoggi nuovi e positivi al sistema Copernicano (I, n. 429).

Digitized by Google

I Cassini (Giov. Domenico † 1712; Giacomo † 1756; Cesare Franc. † 1784; Giac. Dom. † 1845) formarono all'osservatorio di Parigi da essi fondato, una successione di rinomati astronomi per tutto il secolo XVIII, noti specialmente per la scoperta e lo studio degli elementi di varii satelliti (I, n. 410).

In Inghilterra il Flamsteed, fondatore dell'osservatorio di Greenwich (†1719), pubblicò (1725) la sua *Historia Coelestis*; l'Hadley promosse (1731) col suo sestante (I, n. 158) l'astronautica; Bradley scoprì (1745) la nutazione dell'asse terrestre (I, n. 448).

Astronomi teorici di gran nome, come Euler († 1783), Clairaut († 1765), D'Alembert († 1783), Halley († 1742), La Grange († 1813), Laplace († 1827), Delambre († 1822) perfezionarono sempre più la teoria dei varii pianeti primari e secondari, tenendo conto delle molteplici perturbazioni scambievoli (I, n. 628); la nuova astromeccanica così sempre più sviluppata trovò poi una degna descrizione nella *Mécanique Céleste* del lodato Laplace (1799).

Gli studi astronomici, ricominciando con quello del globo terrestre e della sua figura e dimensione (I, n. 306), si estendono vieppiù a quello della costituzione, non solamente dei singoli corpi celesti del nostro sistema solare (II, n. 86 sgg.), ma di tutto l'universo.

Le osservazioni assidue dei varii Herschel (Guglielmo † 1822; Carolina † 1848; Giovanni Federico † 1871) contribuirono non poco a questo progresso. Memorabile rimane poi la scoperta del pianeta *Urano* fatta dal primo nel 1781.

C) *Ultimi perfezionamenti* (1800–1900).

717. — Col secolo decimonono comincia la scoperta dei pianetini tra Marte e Giove, la quale nel decorso del medesimo ha oltrepassato il numero di 500 (I, n. 407).

Il numero di osservatori pubblici e privati cresce sempre più, segno evidente del crescente favore, di cui gode l'Astronomia nel mondo letterario. Col perfezionamento degli strumenti ottici, dei micrometri, dei cronometri, della divisione dei circoli graduati ecc. l'astrometria pratica giunse presto a tale perfezione, da poter ripigliare la ricerca

Digitized by Google

della tanto desiderata parallasse delle stelle (I, n. 433), trovata poi in realtà dal celebre astronomo di Königsberg F. W. Bessel († 1846).

Un importantissimo accrescimento dei mezzi di osservazione si ebbe poco dopo coll'invenzione della spettroscopia celeste (n. 33 sgg.) fatta dal Fraunhofer (1814), e gloriosamente sviluppata da una serie di uomini illustri, tra i quali basti nominare un Kirchhoff, Angström, Miller, Bunsen, Huggins, Secchi, Janssen, Lockyer, Vogel, Scheiner, e non pochi altri ancora viventi.

Non meno importante fu l'introduzione del metodo fotografico (n. 11 sgg.), ed il perfezionamento della fotometria celeste (n. 75 sgg.). La strepitosa scoperta teorica del pianeta *Nettuno* fatta nel 1846 (I, n. 409) appartiene a questo periodo, come pure quella inaspettata dei due satelliti di Marte nel 1877 (n. 408) e di parecchi ulteriori presso Giove e Saturno (n. 431 e 460).

718. — Gli studi astrofisici, a cagione dei bei risultati, hanno acquistato tanto onore presso gli eruditi, anche non astronomi, che nei varii paesi si sono formate Società astronomiche, alle quali volentieri prendono parte anche i meri dilettanti. Gli stessi governi delle varie nazioni civili mostrano una certa nobile gara nel promuovere lo studio degli astri, somministrando con liberalità gli strumenti sempre più costosi dei grandi osservatori, organizzando spedizioni scientifiche nelle varie occasioni di rari fenomeni astronomici, visibili in regioni lontane; promuovendo ed aiutando la pubblicazione di lavori importanti. Il lavoro fatto dappertutto può stimarsi dal numero delle opere e degli opuscoli astronomici periodici ed occasionali che vedono la luce ogni anno, la sola enumerazione dei quali riempie ogni volta un grosso volume (Cf. *Astronomischer Jahresbericht*, herausgegeben von Walter F. Wislicenus. Berlin, 1899 ecc.). Possa anche questa nostra quantunque modesta pubblicazione conferire alquanto all'accrescimento d'uno studio in sè già tanto attraente e dilettevole quale è quello dell'Astronomia.

FINE

Digitized by Google

719. — Lista di alcuni errori da correggersi. Le righe sono contate o dall'alto (*a*) o dal basso (*b*).

VOLUME I.

PAG.	RIGA	ERRATA	CORRIGE
25	16 *a*	XY	OY
41	18 *a*	Diciasette	Sedici
54	2 *b*	F	F′
111	5 *b*	Riffel	Riefler
136	14 *b*	Ornaus	Ornans
141	Fig. 87	M (*sopra*)	M′
143	Fig. 88	(*a sinistra*)	(*manca*) B
155	7 *a*	S B M	S B M′
181	15 *b*	A del telescopio	del telescopio
189	5 *b*	1612	1636
196	6 *b*	Est	Nord
»	3 *b*	141	14
205	7 *b*	cos α	cos α'
212	8 *b*	$tg^2\frac{\alpha}{2}$	$tg^2\frac{a}{2}$
230	13 *a*	β	*b*
233	9 *a*	XOY	X O Y′
234	3 *b*	cos α	cos α'
237	8 *a*	II (8)	II (7)
249	9 *a*	diurno	semidiurno
250	9 *a*	A T	H T
»	4 *b*	α	cos α
300	7 *b*	Nord	Sud
301	7 *b*	figura 187... (Fig. 186)	fig. 186... (Fig. 185)
313	5 *a*	332	322
315	19 *b*	306	336
321	2 *a*	un millennio	due millenni
323	4 *b*	av. Cr.	d. Cr.
»	Fig. 191	♀ (*sopra*)	♀′
337	Fig. 202	l'epiciclo di ♂	sul deferente seguente
390	5 *a*	9,5	10,0
391	4 *b*	figura 223	figura 221
400	16 *b*	18 metri	68 metri
602	13 *a*	549	551

Digitized by Google

Segue: Lista di alcuni errori da correggersi. Le righe sono contate o dall'alto (*a*), o dal basso (*b*).

VOLUME II.

PAG.	RIGA	ERRATA	CORRIGE
147	14 *a*	$\frac{M'}{r^2}+\frac{m}{d^2}:\frac{M'}{r^2}-\frac{m}{d^2}$	$\left[\frac{M'}{r^2}+\frac{m}{d^2}\right]:\left[\frac{M'}{r^2}-\frac{m}{d^2}\right]$
162	3 *b*	inqnine	inguine
»	7 *b*	102	702
173	9 *b*	Art. III.	Art. IV.
181	4 *b*	Petavius (P)	Ptolemaeus (P)
190	1 *b*	Antoclus	Autolycus
302	6 *b*, 17 *b*	Meraldi	Maraldi
375	7 *a*	»	»
385	10 *a*	pianeti	satelliti

Digitized by Google

INDICE ALFABETICO DEI DUE VOLUMI

(I. ASTROMETRIA-ASTROMECCANICA - II. ASTROFISICA-ASTROCRONACA)

I numeri indicano i paragrafi.

A

Aberrazione (luce) I 430, 434.
— (sferica) I 176.
Abitabilità (mondi) I 241; II 299, 407, 680 sg.
Abney II 73.
Absidi I 345, 459, 492.
Abul Wefa I 500; II 712.
Abul Hasan II 712.
Accademia (Atene) I 327.
— (Lincei) I 383, 385, 473, 602; II 189, 256, 267, 320, 532.
— (Parigi) I 305.
— (Tiberina) I 602; II 234, 328.
Accelerazione (☽) I 502; II 617.
Acqua II 95, 101, 112, 130, 135 sg., 157.
Acquario I 15; II 582.
Acromatismo I 175; II 11.
Acronittico I 320, 544.
Adams I 409.
Aera I 576.
Aeroliti II 618.
Afelio I 375, 454 sg.
Agatocle I 580.
Agostino S. I 350, 382; II 105, 690.
Agosto I 549.
Ailly (D') I 553.
Airy I 409, 432; II 445.
Albani (monti) II 124, 125.
Albatani II 712.
Albategni II 712.
Albedo II 438.
Alberto M. II 88.
Alcor I 622.
Alcyone I 616; II 647.
Alessandria I 293, 580; II 711.
Alfonso (X) II 676, 713.
Alfragano II 712.
Algeri II 17.
Algol I 437; II 565, 571.
Alguè II 23.
Alhazen I 256, 712.
Alidada I 139, 159, 200.
Alisei II 141.
Alluvioni II 119, 138.
Almagesto I 16.
Almagestum novum I 34; II 12.
Al Mamun I 295; II 712.
Almanacco I 110, 451.
Aloni II 161 sg.
Altazimut I 27, 200.
Altezza I 27, 31.
Aureole II 160.
Amici II 61.
Ampère II 145, 151.
Ampiezza I 265.
Analisi (spettrale) II 42 sg.
Analogia II 699, 701.
Anassagora I 326; II 709.
Anassimene I 326; II 709.
Andamento (orolog.) I 132.
Andromeda I 17; II 592.
Andromedidi I 608; II 615 sg.

Digitized by Google

Anelli (meteore) I 436, 607; II 615.
Angolo (sferico) I 214.
— (orario) I 37, 93, 230, 273.
— (semidiurno) I 233.
Angström II 716.
Anno (giuliano) I 564.
— (lunare) I 87, 544, 547.
— (platonico) I 439.
— (sidereo) I 545.
— (tropico ♍) I, 446, 460, 544, 549.
Annuaire I 280, 610; II 247.
Anomalia I 345, 460, 470 sg., 490.
Antartico I 12.
Antiterra I 334.
Antiapex I 608, 614; II 625.
Antoniadi II 390, 448, 498.
Anversa II 296.
Apastro I 619.
Apertura (telescop.) I 174.
Apice I 607, 614; II 625.
Apogeo I 345, 456.
Apollonio II 711.
Appia (via) I 299.
Aprile I 547.
Arabi I 295; II 269, 711.
Arago II 3, 299, 346, 432, 536, 596.
Arcetri I 313, 392.
Archazel II 712.
Archyta I 290.
Arco (diurno) I 233, 236.
Arco baleno II 159.
Areografia II 358, 361, 368, 374.
Areologia II 397 sg.
Argelander II 567, 640, 643.
Argon II 153.
Aria II 95, 98, 139 sg., 155, 167.
Ariete I 11, 14, 17, 30, 81, 440, 448.
Ariosto II 693, 695.
Aristarco I 341; II 710.
Aristillo I 441; II 711.
Aristotele I 290, 314, 323, 325, 327, 330 sg. 358, 539, 597; II, 88, 159, 161, 167, 168, 539, 587, 594, 59⁸, 599, 610, 709.
Armonia (sfere) I 336, 377, 404.
Artico I 12.
Ascensione (retta) I 29.
— (obliqua) I 31.
Aspetti I 320.
Asse (mondo) I 29, 439; (♍) II 279; (orbita) I 454, 458, 584, 589.
Assorbimento (spettro) II 46, 48.
Asterismi I 17.
Asteroidi *v.* Pianetini.
Astri I 9, 19..
Astrocronaca II 706 sg.
Astrofisica II 1 sg.
Astrofotometria II 77 sg.
Astrognosi I 20.
Astrolabio I 77, 143.
Astrologia I 321, 446.
Astromeccanica I 314 sg. 397, 542.
Astrometeorica II 158, 594 sg.
Astrometria I 1 sg.; II 18.
Astronautica I 281.
Astronomia (storia) II 706 sg.
Astronomische Nachrichten I, 158, 198, 272, 541, 603, 617; II 58, 234, 246, 330, 357, 361, 452 sg.
Atene I 327.
Atmosfera (♁) I 254 sg.; II 91, 107, 112, 139 sg. 149, 167.
— (☽) II 237.
— (♍) II 334, 336.
— (pianeti) II 356, 395, 420, 426, 454, 482, 500.
Attività (♍) II 318.
Attrazione I 395 sg.; II 664.
Augusto I 549.
Aurora I 237, 240; II 169.
— (polare) II 148, 250, 320, 486, 633.
Auwers I 624; II 583.
Ave Maria I 240, 241.
Averroè II 587, 600.

Digitized by Google

Avvento I 563, 568.
Azimut I 27, 37, 245.
Azzurro (cielo) I 170.

B

Babilonia I 81, 323.
Backlund I 634.
Bacone I 352, 553; II 88.
Baculus Jacob I 138.
Baille II 180.
Baily II 180, 181, 415, 437.
Bakhuyzen II 357.
Baldigiani I 393.
Balestriglia I 138.
Ball II 446.
Barberini I 381.
Barnard I 410; II 431, 435, 587, 592.
Barometro I 261; II 143.
Bartoli II 351, 415.
Basalto II 126.
Basilea I 553.
Bayer I 15; II 714.
Beer II 3, 219, 243, 360.
Behrmann I 21.
Bellarmino I 381, 384, 393.
Berlino I 110, 268, 313.
Berosus I 323.
Bessarione II 713.
Bessel I 259, 306, 433, 451; II 3, 716.
Betlemme II 573.
Biancani II 492.
Bianchini II 2, 471.
Biela I 596, 608 sg.; II 616.
Bielidi I 436; II 615.
Bilanciere I 117, 125.
Bilione II 323.
Birt II 219.
Bisestile I 550, 555.
Blancanus II 492, 610.
Boccardo II 248.
Bode I 405.
Boeddker II 388, 587.
Bohnenberg I 444.
Bolidi II 618 sg.
Bologna I 313, 352.
Bolometro II 480.
Bompas I 604.
Bond I 410; II 447.
Bordeaux II 17.
Boscovich I 190, 306.
Bose II 353.
Bosmans II 203.
Bossche II 430.
Boulliau I 499.
Bradisismi II 129, 254.
Bradley I 189, 432, 450, 451; II 640, 715.
Brahe *v.* Tycho.
Brandes I 604.
Braun II 136, 180 sg., 234, 285, 291, 662 sg., 691.
Braunmühl II 268, 283.
Bredichin II 612.
Brenner II 390, 448, 475, 484 sg., 494 sg.
Brett II 378.
Brewster II 46.
Brorsen I 596.
Browning II 71, 370.
Brucia I 594.
Brünnow I 273.
Buffon II 656.
Bunsen II 47, 716.
Buonarroti I 171.
Buratini II 471.
Bussola I 287.

C

Caduta (gravi) I 425; II 523, 705.
Calcutta II 333.
Caldei I 322, 324, 341, 508; II 167, 708.

Digitized by Google

Calendario I 543 sg., 547, 567, 571, 588.
Calende I 548, 551.
Calippo I 327, 329; II 708.
Calisto II 596.
Calme II 141.
Calore (♁) II 96, (⊕) 97, 338 sg, (☽) 252.
Calotte (polari) II 360, 364, 378, 485, 487, 498.
Cambiamenti (☽) II 241 sg.
Cambriano II 116.
Cambridge I 276.
Campani I 174; II 353.
Canali (♂) II 365, 377, 384, 398 sg.
Cannocchiale I 171 sg.
Cantù I 322.
Capo (B. Speranza) II 17.
Caraffa I 629.
Carbonifero II 115.
Carbonio II 606.
Cardano I 124.
Cardinali (punti) I 35.
Carlini II 176.
Carpenter II 219, 226.
Carrara II 192, 246, 251, 267, 278.
Carrington II 279.
Carta (cielo) I 59; II 17, (☽) 202 sg., 220.
Case (zodiaco) I 48.
Cassegrain I 179.
Cassini I 188, 410; II 2, 145, 206, 353, 416, 446, 471, 716.
Castelli I 382; II 273.
Castor I 19, 183, 622.
Catalogi I 312, 446; II 18, 558, 567.
Catania I 313; II 17.
Catodo II 611.
Catottrica I 170.
Cattura (comete) I 636; II 670.
Cavendish II 3, 178 sg.
Celoria I 613; II, 346, 587, 600.
Ceneri I 568.
Centauri (α) I 434; II 76, 573, 638.
Centro (equazione) I 482.
Ceraski II 82.
Cercatore I 205, 209, 210; II 65.
Ceres I 407.
Cerulli II 390, 399 sg., 488.
Cesare I 547, 549; II 197, 711.
Chambers II 346, 596.
Chauvenet I 273.
Cheops I 446; II 177.
Chiesa II 686 sg.
Chiocciola I 126.
Chioma II 595, 603.
Chondriti II 618.
Cicerone I 383, 543, 642; II 197.
Ciclo (⊕) I 561, (☽) 563.
Cicloni I 426; II 142.
Cielo I 1; II 89, 458. *v.* Sfera.
Cinerea (luce) II 194, 468, 498.
Cinesi I 322, 451; II 269, 430.
Circhi (☽) II 225 sg, 234 sg.
Circoli (meridiano) 199.
— (ripetitori) 164, 165.
— (sfera) I 23 sg., 86, 213, 350.
Circummeridiano I 284.
Circumpolare I 270.
Civiltà cattolica I 578; II 691, 700.
Claudet II 9.
Clavius I 145, 381, 571; II 229, 276, 715.
Clausius 677.
Cleanto I 341.
Clemente (VII) I 354.
Cleomede II 194.
Clessidra I 116.
Cleveite II 153.
Clima I 41, 42, 637; II 360, 499.
Climatologia II 87.
Coaltezza I 28.
Coda (comete) II 604, 608 sg.
Coggia II 596.
Collatitudine I 3[illegible].

Digitized by Google

Collegio Romano I 113, 198, 203, 313, 381, 385, 642; II 5, 9, 601, 605.
Collimatore I 198; II 16, 41.
Collisione I 613, 639; II 575, 607.
Collodio II 10.
Collurania I 313.
Colonna (⊕) II 171.
Colonnato (spettro) II, 45, 58, 550.
Colori (cielo) 169 sg. (☽) 195, 224, 255, 258 sg.
— (pianeti) 380, 422, 444.
— (spettro) II 154,
— (stelle) 554, 556 sg.
Colorimetro II 81, 556.
Coluri I 47.
Combinazione (chimica) II 58, 341, 549, 576.
Comete I 596 sg.; II 19, 595 sg., 675.
Commentariolus I 353.
Compensazione (pendolo) I 123, 124.
Composti (chimici) II 58, 341, 576.
Condensazioni II 614.
Congiunzione I 320.
Connecticut I 604.
Cono (deiezione) II 119.
— (ombra) I 505, 512.
— (sezioni) I 51, 399, 581.
Contatti (eclissi) I 518, 524 sg.
Continenti II 94, 240, 370.
Coordinate I 23 sg., 246 sg., 585 sg.
— (geogr.) 268 sg., (☽) II 215; (⊕) 280.
Copernico I 136, 358, 366, 553, 642; II 714.
— (cratere ☽) II 227, 234.
Copland II 561.
Cornu II 180, 181.
Corografia I 57 sg.
Corona I 11; II 160, (⊕) 331 sg. 633.
Corpi regolari I 370.
Corpus Christi I 563, 568.
Correnti (mare) I 426; (atmosf.) II 141.
Corteccia II 104 sg., 108 sg., 233, 425, 574.
Cosmico I 320, 544, 607.
Cosmografia I 57 sg., 370, 377; II 636.
Cosmogonia II 636 sg., 651 sg.
Cosmologia II 426, 636, 651 sg.
Cosmotania II 241.
Costanti II 522, 705. *v.* Tavole.
Costantino I 577.
Costanza I, 553.
Costellazioni I 9 sg.
Crateri (☉) II 124 sg., (☽) 225, 228, 235 sg.
Creatore I 642; II 186 sg., 458, 446, 676, 691, 702, 703.
Creazione (èra) I 577.
Crepuscolo I 237 sg.; II 169 sg.
Cristina (Lorena) I 382.
Critica (temperatura) II 101, 183.
Croce I 31, 138, 446; II 76, 582.
Cromatismo I 175.
Cromosfera (⊕) II 310, 326.
Cronografi I 128.
Cronologia I 543.
Cronometri I 124 sg., 276.
Crookes II 44, 611.
Culminazione I 36, (☽) 279.
Cumana I 604.
Cumuli II 578 sg.
Cusa (di) I 553; II 693, 695, 712.
Cysatus II 256, 590.
Cynosura I 12.

D

Daguerre II 9.
D'Alembert II 716.
Dante I 12, 446, 554; II 192, 262, 695, 704.

Digitized by Google

Danzica II 163.
D'Arrest I 596; II 552, 583, 593.
Darwin II 189, 628.
Data (cambia) I 574.
Da Vinci II 194.
Davis I 142.
Dawes II 369, 447.
Dechevrens II 630, 634.
Declinazione I 29.
Deferente I 342, 348.
Deformazione II 541.
Dehra Dun II 23.
Deiezione II 119.
Deimos II 410 sg.
Deichmüller I 272.
Delambre I 228; II 359, 716.
De Lapperent II, 108, 190.
Delaunay I 502; II 405.
Delta II 119.
De Marco II 634.
Democr to I 326, 709.
Denderah I 446.
Densità I 400; II 181, 264, 553, 718.
Denza I 603, 611; II 140, 143, 249.
Depressione (orizzonte) I 283.
— (polare) II 92, 357, 412, 417, 507, 572.
Derham II 468.
De Rheita I 173; II 202, 352.
Deserto II 649, 702.
Deslandres II 332.
Deviazione (luce) II 35.
De Vico I 133; II 3, 9, 447 sg., 468, 473 sg, 485, 596.
Devoniano II 116.
Diaframma I 184.
Dialogo (Galilei) I 386.
Diametro (♁) I 306; (☽) II 194, (☉) 263.
— (pianeti) II 522.
Dichotomia I 484; II 213
Diffrazione (spettro) II 49 sg.
Diluvio II 119.
Dimensioni II, 637, 644.
Dinametro I 195.
Dine II 180.
Diocleziana (èra) I 577.
Dionigi (Piccolo) I 563, 579.
Diottrica I 170.
Dipleidoscopio I 168.
Diretto (moto) I 315.
Disegno II 32, 281, 287, 289, 290.
Dispersione II 34.
Distanza (☽) I 494, (☉) 461 sg., 588.
— (accorciata) I 598.
— (polare) I 44.
— (stelle) II 581, 638.
— (zenitale) I, 28, 44.
Disuguaglianza (☽) I 497.
Divisione I 83, 86.
Dodecaedro I 370.
Dollond I 175.
Domenica I 314.
Domenicale (lettera) I 559, 562.
Donati II 596, 603, 605.
Doppler II 67 sg, 570.
Draconis α I 446.
Dragone (♌♍) I 490.
Draper II 9.
Dressel II 159.
Dubois II 299.
Dufour II 535, 542.
Duner II 55, 292.
Dürer I 45.
Duvancel I 580.

E

Easton II 587.
Eberhard II 577.
Eccentrico I 342 sg., 470 sg.
Eccentricità (♁) I 455, 638; II 123, (☽) 493.
— (pianeti) I 593; II 449.

Digitized by Google

Eclisse (☽) I 485, 504 sg.; II 157, 255 sg.
— (♍) I 526 sg., 580; II 302 sg., 485, 509.
Eclittica I 33, 451.
Effemeridi I 110.
Egira I 577.
Egiziani I 322, 545; II 167, 708.
Eisenlohr II 251.
Elementi (orbita) I 454, 584, 595, 597, 620, (♁) 454, 638, (☽) 489, 498; (♍) II 324.
— (tavola) I 593; II 522, 705.
Elettricità II 149, 486, 611.
Eliaco (levare) I 320, 544.
Elio II 153, 310.
Eliocentrico I 337, 585.
Eliometro I 191.
Elioscopio II 26, 271, 272.
Eliostata II 28.
Eliotropio I 203.
Ellisse I 53, 581, 620.
Ellissoide I 300 sg.; II 572.
Elkin II 25.
Embolismo I 564.
Emisfero I 32.
Emissione (spettro) II 48.
Empireo I 331.
Encke I 596, 634; II 448, 596.
Engelmann II 437.
Epatta I 565 sg.
Epiciclo I 342, 348.
Epitome (Keplero) I 385.
Epping I 324; II 677.
Epoca I 454, 459, 577, 584, 592, 638.
Epoche (varie) I 576; II 108 sg., 240.
Equatore I 29; II 668.
Equatoriale I 202 sg.
Equazione (☽) I 466, 501 sg., (♍) 570.
— (centro) 482.
Equazione (tempo) 109 sg., 469.
Equilibrio II 677.
Equinoziale (linea) I 96.
Equinozio I 32, 34, 365, 470 sg., 552, 563.
Equivalente II 323.
Èra I 576, 579; II 108 sg.
Eraclide I 337 sg.; II 710.
Eratostene I 293; II 711, (☽) 204.
Ercole I 615.
Eros I 463, 595; II 516, 521.
Errori I 197, 312, 621; II 719.
Eruzioni (♁) II 124, (☽) 235, (♍) 315, 327, 574.
Esaedro I 370
Esaemeron I 459; II 105, 188.
Escoffier I 567.
Esplosioni II 614.
Esquimesi II 132.
Estinzione (luce) II 446, 646.
Età (☽) I 487, 564.
Etna II 124.
Euclide II 710.
Eudosso I 327, 328; II 709.
Euler II 716.
Eunio I 580.
Evans II 402.
Evelio *v.* Hevel.
Evezione I 499.
Evoluzione II 653.
Exner II 537.

F

Fabricius I 380; II 266 sg., 275, 714.
Facole (♍) II 277, 283, 327.
Falsa posizione I 473.
Fargis I 130; II 22.
Fasi I 315, (☽) 484 sg.; II 93, 192, 212 sg.
— (eclisse) I 518 sg.
— (pianeti) II 351, 466, 492, 607.

Digitized by Google

Fauth II 246, 448.
Favaro II 267
Faye I 308, 596; II 247, 301, 326, 659 sg, 699.
Febbraio I 547.
Felix II 704.
Fenyi II 313, 334.
Fergola II 373.
Feria I 314 559.
Fernando S. I 110, 268, 313; II 17.
Fernel I 296.
Ferrara 352.
Ferrari II, 320, 621.
Ferro I 268.
Fessel I 444.
Feste (mobili) I 563, 568, 573.
Filippine I 575.
Filolao I 333.
Fingal II 126.
Firenze I 313.
Firmamento I 2.
Fisica (♃) II 86, 115.
Flammarion II 242, 352, 358, 370, 389 sg., 485, 693, 699.
Flamsteed I 499, 625; II 715.
Flaugergues II 358.
Flavio Giuseppe I 580.
Flusso *v.* Maree.
Fobos II 410 sg., 670.
Foco I 173, 175, 184, 373.
Foglini I 399, 582, 629.
Fontana II 202, 351, 415, 471.
Forbes II 515.
Förster II 249.
Forza (centrifuga) I 423, (motrice) 401.
Fossili II 114.
Fotocronografo I 130; II 22.
Fotoeliografo II 23.
Fotografia I, 130, 186; II 8 sg, 17, 71 sg., 83 sg.
— (☽) II 24, 220, 221 sg., 246
— (☸) II 307, 314. 333.
Fotometria II 75 sg., 462, 517.
Fotosfera II 282, 311, 325.
Foucault I 413, 420; II 46, 271.
Fox Talbot II 9.
Fracastoro I 332.
Fraunhofer I 175; II 37 sg., 53, 546, 716.
Freccia I 11.
Frisch I 370.
Fritsch II 346.
Fuoco (centrale) I 333, 424; II 96, 114; (sfera) I 604; II 599.
Fuso (zodiacale) II 629, 632.

G

Galassia II 648. *v.* Via lattea.
Galilei I 171, 379 sg., 410, 417; II 2, 195, 198, 201, 266 sg., 277, 295, 328, 408, 413, 422, 430 sg., 441, 466, 590, 601, 699, 714.
Galle I 409, 447.
Gallet II 449.
Gassendi II 6, 163, 441, 693, 715.
Gauss I 228, 407, 596; II 147.
Gautier II 346.
Gegenschein II 629, 632.
Geissler II 43, 622.
Geminazioni II 384 sg., 401 sg.
Gemma II 255.
Genesi II 184 sg.
Gennaio I 547.
Geocentrico I 327 sg., 585, 592.
Geofisica II 3, 87 sg.
Geogonia II 184 sg.
Geografia I 268 sg.
Geologia II 108 sg., 343, 574 sg.
Georgetown II 23.
Gerberto I 117.
Gesuiti (♃) I 306, 307.
Ghiacciai II 120.
Gianicolo I 205, 606; II 470, 475, 478, 486, 537, 619, 621.

Digitized by Google

Giapponesi II 430.
Giese I 354.
Giglio I 554.
Gilgamesch II 583.
Giorno I 79 sg., 364.
Giovanni (XXIII) I 553.
Giove (♃) I 275, 318, 343, 410, 424, 635; II 413 sg., 716.
Giosuè I 382, 392
Giroscopio I 420.
Giuliano II 550 sg, 577, 580.
Giugno I 547.
Giulio Cesare I 547, 549
Giunone I 408.
Giustiniani I 384.
Gizeh I 446; II 177.
Glaciale (periodo) II 120.
Globi I 45; (⊙) I 290.
Gneiss II 106.
Gnomonica I 69 sg, 88 sg.; II 189.
Gnomone I 88, 90, 243.
Goccia (nera) II 483.
Godfrey I 158.
Golfo (corrente) II 122.
Gomito (equatoriale) I 208.
Goniometro I 139
Göthe II 699.
Gottignies I 174.
Grafico (metodo) I 77, 112, 478; II 280.
Grafometro I 140.
Graham II 145.
Granito II 111.
Grant II 256, 596.
Granulazione (⊛) II 282, 325.
Grassi I, 385, 601, 610.
Gravi I 425; II 523, 705.
Gravitazione I 422, 618, 621; II 173.
Greci I 322, 709.
Green II 370, 372, 403.
Greenwich I 110, 268, 277, 313; II 17, 23, 716.
Greg I 610.
Gregorio (XIII) I 546 sg., 557, 567.
Gregorio (S.) II 188.
Gregory I 177.
Grienberger I 203, 381, 394.
Grimaldi II 48, 50, 199, 204, 353, 415, 441, 445, 471, 610.
Grisar I 392.
Groombridge II 640.
Grubb II 26, 59.
Gruithuisen II 3, 207, 242, 359, 468, 485.
Grünwald II 58.
Gruppi (stellari) II 578 sg.
Guillemin II 596.
Günther II 93, 160, 183, 250.
Güttler II 188.

H

Hadley I 158; II 715.
Hagen II 569, 573.
Hahn II 345, 348, 627.
Hale II 285.
Hall I 410; II 408, 444.
Halley I 502, 596, 613; II 715.
Hamburg I 426.
Hansen II 238.
Harburg I 426.
Harding II 359, 468, 493.
Harkness II 233.
Harmonices (mundi) I 336, 377.
Harriot II 266 sg., 430.
Hartmann II 577.
Hasselberg II 611.
Haynald II 162.
Heis I 21, 610; II 587, 658.
Hell I 211; II 483, 489.
Helmholtz II 677.
Helsingsfors II 17.
Henry II 14, 29, 596.
Herrick I 604.

Digitized by Google

Herschel (W. e J.) I 180, 406, 410, 615; II 3, 75, 299, 345, 355, 362 sg., 445, 506, 556, 583, 587, 593, 716.
Hervas II 89.
Herwartus II 213.
Hevel II 2, 163 sg., 202, 206, 243, 256, 352, 441, 564, 596, 715.
Hirn II 453.
Hoefer II 596.
Holden II 583, 593.
Holmes I 600.
Horky I 380.
Horrebow II, 489.
Hortensius (Van den Hove) II 492.
Houzeau I 88, 306, 312; II 204, 245, 452, 493, 587.
Howlett II 300.
Huggins II 312, 333, 336, 552, 716
Humboldt I 604; II 432, 583, 626, 652.
Hummelauer II 188.
Hutton II 3, 175.
Huygens I 119, 125, 173, 303, 380, 395, 410; II 2, 163, 166, 352, 442, 590, 715.

I

Ibn Junis I 451; II 711.
Icosaedro I 370.
Ideler I 323; II 573.
Idi I 548, 551.
Idrogeno II 43, 56, 308, 547, 551, 553, 577.
Illuminazione (campo) I 193.
Illusioni II 168, 388, 468, 529.
Imagine I 171; II 8, 10.
Immensità II 641, 644.
Incandescenza II 99, 547.
Incendio (mondo) II 576.
Inclinazione I 454, 584, 587, 638; II 520, 668.
India I 635; II 257.
Indice (Congr.) I 384.
Indizione (rom.) I 577, 580.
Inerzia I 439.
Influsso (☽) II 196, 248, (☉) 262.
Ingoli I 385.
Ingrandimenti I 182, 195; II 30.
Intramercuriale II 503 sg.
Inversione I 173; II 46.
Iperbola I 55, 581 sg.
Ipparco I 268, 344, 441; II 559, 711.
Iride II 159.
Isobariche (curve) II 143.
Isocronismo I 122.
Isorachie (curve) II 134.
Istituto Lombardo I 611; II 474.

J

Jahresbericht II 717.
James II 175.
Janssen II 6, 157, 308, 309, 717.
Jolly II 181.
Jones II 630.

K

Kaiser II 357, 368, 373.
Kalocza II 162, 334.
Kämtz II 542.
Kant II 651 sg.
Kapteyn I 617.
Kater II 448.
Kayser II 154.
Keeler II 591, 663.
Kelvin. *v.* Thomson.
Kempf II 567.
Keplero (Keppler) I 48, 173, 256, 320, 350, 368 sg., 377, 380, 385, 388, 427, 470, 473, 571, 580, 583, 642; II 2, 33, 88, 89, 192, 195, 213, 251, 254, 259, 267, 269 sg., 350, 408, 422, 442, 492, 539, 560,

Digitized by Google

574, 597, 601, 609, 663, 682, 695, 715; (☽) 236.
Kerguelen II 122.
Kirch II 468.
Kircher II 88, 202, 345, 693, 695.
Kirchhoff II 47, 716.
Kirkwood I 608.
Klein II 219, 242, 245, 260, 587.
Klinkerfues I 596, 608.
Kneller II 185, 191, 596
Kolberg II 128.
Konkoli II 28, 260.
Köppen II 347, 348.
Kosciu King I 451.
Krackatoa II 124.
Kreichgauer II 115.
Kugler I 324; II 583.
Kunowski II 359.

L

Labirinti II 586.
La Caille I 407.
Lagalla II 202, 204.
Lagrange I 451; II 715.
Lais II 156.
Lalande I 499; II 268, 640.
Lambert I 635; II 489.
Lancaster I 88; II 245.
Landerer II 485.
Lane II 402.
Langley II 252.
Langren II 202, 204.
Lapilli II 125.
Laplace I 307, 632, 635; II 453, 652 sg., 716.
La Plata II 17.
Larissa I 580
Lassell I 410; II 447, 583, 593.
Latitudine I 33, 269 sg., 282, 309.
Lava II 125, 126.
Lazio II 124, 619.
Leghe (spettro) II 58.
Le Hon II 132
Lenti I 170; II 66.
Leone I 11.
Leone (XIII) II 6.
Leonidi I 436, 608; II 616, 621.
Lerchenfeld II 417.
Lescarbault II 504.
Letronne I 446.
Lettera (domenicale) I 559, 562.
Leucosfera II 331.
Levare I 233, 240, 264, 320, 545.
Le Verrier I 409, 451; II 503 sg., 515, 678.
Levrieri I 17; II 582, 589.
Liais II 505.
Librazione II 209 sg., 499.
Lick I 181; II 19, 31, 246, 417, 431, 591.
Lilio I 554
Lincei I 383, 385, 473; II 156, 189, 256, 267, 532.
Linneo (☽) II 244.
Lippersheim I 171.
Lira I 17; II 589, 639.
Litoidi II 623.
Littrow II 204, 479, 483, 512.
Livella I 150 sg.
Liverpool I 276.
Locher II 267.
Lochovic I 380.
Lockyer (N.) II 6, 310, 316, 367, 373, 552, 634, 717; (W.) 335.
Loewy I 208.
Log I 288.
Logaritmi I 224 sg.
Lohrmann II 3, 218, 243.
Lohse II 6, 333, 390, 422.
Lombardia II 138.
Londra II 122, 146, 299. *v* Greenwich.
Longitudine I 33, 274 sg., 284, 454, 467, 502, 584.
Löschardt II 480.

Digitized by Google

Lossodromica I 287.
Lowell II 390, 402, 485, 498.
Luce zodiacale II 337, 628 sg.
Luminosità (varia) I 339.
Luna (☽) (costanti) II 705.
— (costituzione) II 192 sg.
— (eclisse) I 485, 507 sg.; II 157, 255 sg.
— (età) I 487, 564.
— (fasi) I 484; II 212 sg.
— (moti) I 279, 488, 490.
— (orbita) I 483 sg., 490, 498, 515.
— (varia) I 572; II 11, 24, 168, 626, 682.
Lunario I 543 sg.
Lunazione I 491, 543, 564.
Lutero I 367, 372.
Lyell II 132.
Lyrae (α) I 19, 446; II 639; (β) II 551.

M

Macchie (♃) I 388; II 266 sg., 286 sg., 294 sg., 328 sg., 394 sg.
— (pianeti) II 378, 383, 421 sg., 436, 492, 507 sg., 571.
Macrobio I 337; II 196.
Mädler I 616; II 3, 203, 219, 238, 244, 360, 492.
Madrid II 619.
Magini I 380.
Magellano I 18, 575; II 551, 586.
Maggio I 547.
Magma II 110, 182.
Magnetismo II 140, 144 sg., 253, 320, 611.
Maia II 14.
Mammut II 132.
Manila II 22, 142, 332.
Manilio I 12; II 196, 587, 596.
Maraldi II 354, 446.
Maree I 383, 389; II 130, 133, 238, 250, 670.
Maremoto II 129.
Mari II 94, 105, 205, 223 sg., 237, 394.
Maria Laach I 337, 383, 388; II 190, 573, 582, 684, 695.
Marius (Mayer) I 380, 410; II 2, 430 sg., 492, 592.
Marte (♂) I 316, 340, 376, 410; II 350 sg., 670 sg., 683, 717.
Martirologio I 568.
Massa I 400, 641; II 172, 264, 519, 522, 617, 705.
Massi (erratici) II 121.
Maskelyne II 175, 181.
Mattutina (stella) II 465, 491.
Mattutino (tempo) I 240, 241.
Maunder II 402.
Maupertuis I 306.
Maurizio II 23.
Maxwell II 453.
Mayer II 207, 468 *v.* Marius.
Méchain I 634.
Medio I 80, 109, 112, 453, 470 sg.
Meisel II 402.
Melantone I 367, 372.
Melbourne I 207; II 17.
Mellan II 202.
Mercator I 287.
Mercedonio I 547, 549.
Mercurio (☿) I 319, 464; II 491 sg., 673.
Meridiano I 36 sg., 88 sg., 112, 243, 268.
Meridiano (strum.) I 196.
Mersenne I 177.
Merz I 205; II 63.
Mese I 491, 547; II 707.
Mesopotamia I 324.
Messier I 636; II 583, 593, 607.
Mestlino I 368; II 195; (☽) 216.
Metalli II 152.
Metalloidi II 152.

Digitized by Google

Meteore I 436, 601 sg ; II 152 sg., 239, 335, 339, 594, 615 sg.
Meteoridi II 620, 622.
Meteorografo II 5.
Meteorologia II 4, 87, 140, 344, 594.
Metone I 563.
Metro I 307 sg.
Meunier II 370, 404.
Mezzetti I 352.
Mezzo (resistente) I 6, 634; II 604.
Mezzogiorno I 36, 93, 109, 133.
Micrometri I 184 sg.
Middelburg I 171, 553.
Miglio I 288.
Milano I 313.
Miller II 369, 717.
Millosevich II 521.
Mira (Ceti) II 564.
Mira (meridiana) I 197.
Mitologia I 11; II 516, 695.
Modena I 313.
Moigno II 189, 704.
Mondo I 2; II 646, 680 sg.
Monocromatico II 73.
Monsoni II 142
Montatura I 196; II 16.
Monti (♁) 94, 112, (☽) 199 sg. 230.
Montigny II 534, 542.
Morene II 121.
Mosca II 161.
Mosè II 105, 184 sg.
Mösting II 216.
Moto I 314, 355, 363, 365, 454, 467; II 20.
Mouton I 308.
Müller A. I 352, 368, 382, 388; II 162, 167, 171, 189, 229, 255, 260, 269, 271, 290, 393, 403, 470, 475, 478, 486, 487, 491, 537, 561, 578, 604, 618, 621, 684.
Müller G. II 438, 469, 514, 517, 567.
Müller (Regiomontano) I 352, 353; II 712.
Mysterium (cosmogr.) I 370, 377.

N

Nadir I 27, 199.
Napier I 228.
Napoli I 313.
Nascere (levare) I 233, 240, 264, 320, 545.
Nasmyth II 219, 226.
Natur u. Offenbarung II 189, 278, 405, 480.
Nature (La) I 208; II 94, 132, 406.
Nebulose II 578, 589, sg. 650, 675.
Neison II 219.
Neomenia II 214.
Neopitagorici I 335.
Nettuno (♆) I 409 sg.; II 512 sg. 671, 717.
Neve II 91, 366.
Newcomb I 502; II 504, 659, 700.
Newton (I.) I 158, 178, 303, 395 sg., 642; II, 34, 88, 174, 181, 452, 601, 714.
Newton (H. A.) I 605.
Niccolò (V) I 553.
Nicea I 555.
Nickel I 123.
Nicol II 79.
Niesten II 475, 484.
Nilo I 545; II 138.
Nizza II 606.
Nodo I 288, 449, 586.
Nomi I 11; (☽) II 204, (♂) 365, 370, 375, 516, 595.
Nonagesimo I 48.
None I 548, 551.
Nonio I 145.
Nordenskjöld II 617, 624.
Norwood I 302.

Digitized by Google

Norimberga I 117, 278, 430, 713.
Nova *v.* Stella.
Novilunio I 484.
Nubecula II 649.
Nucleo II 182, 287, 328 sg., 595 sg., 602.
Numero (d'oro) I 563, 565, 567.
— (comete) II 595, 597.
— (pianetini) I 408; II 516.
— (stelle) I 21,22; II 642 sg.
Nundinae I 559.
Nutazione I 448 sg.; II 537 sg.
Nuvole II 91, 100, 295, 379.

O

Obliquità (eclittica) I 33, 451.
Oculari I 194; II 66.
Occultazione I 539, 541; II 261, 570.
Oeltzen II 640.
Oersted II 145.
Olbers I 408, 597, 604; II 3, 251, 357, 645.
Olimpiade I 577.
Omalio II 191.
Ombra II 260, 462, 469. *v.* Eclisse.
Omero I 12; II 410, 465.
Omocentrico I 327 sg ; II 708.
Onde I 438; II 50, 67, 531.
Ooide I 374.
Oppolzer I 580, 596, 598.
Opposizione I 320.
Ora I 83 sg.
Orario I 47, 93, 230.
Orazio I 290, 394.
Orbita I 375, 489, 515, 554, 581, 584.
Organismi II 114, 242, 391, 699.
Orione I 17, 627; II 590, 641.
Orientazione I 6; II 274.
Orizzonte I 26, 162, 199, 283; II 168.
Orologio (♍) I 88 sg. 116 sg.
Oroscopo I 321.
Orsa maggiore I 12, 619.
Orsini I 383; II 268.
Ortodromica I 287
Ortografica (proiez) I 63 sg.
Oscuri (corpi) II 105, 675, 697.
Osservatorio I 211, 313; II 5, 17, 146.
Ottaedro I 270.
Ottante I 141, 500.
Ottava (sfera) I 327, 365.
Otturatore II 23.
Oudemans II 430.
Ovidio I 12, 17; 41, 237, 334; II 657.
Ovifak II 624
Oxford II 17.

P

Pacifico I 117.
Padova I 313, 352.
Palermo I 313.
Pallas I 408; II 520, 668.
Palomba II 468, 479.
Paludi (☽) II 224.
Pantografo II 30.
Pantometro I 140.
Paolo (III) I 354, 367.
Parabola I 54, 581, 597.
Paradossi I 338; II 212.
Parallasse I 163, 266 sg., 311, 433, (♍) 461, 463, (☽) 494 sg., 513; II 600, 639.
Parallattico I 136, 207, 230.
Parallelo I 29, 30, 59 sg. 77, 287, 306.
Parametro I 590.
Paraselene II 161.
Parelio II 161.

Digitized by Google

Parigi I 110, 268, 313; II 17, 163, 715.
Pasqua I 557, 568.
Passaggi 167, 187, 196; II 483 sg., 501.
Pavia II 583.
Pendolo I 118, 122 sg., 304, 307, 413 sg, 418; II 176.
Penombra I 505, 514; II 287, 328.
Pentecoste I 563, 568.
Periastro I 619.
Periodicità I 79 sg.; II 240, 318, 565.
Perielio I 375, 454 sg., 584, 590, 592.
Perigeo I 345, 456, 492.
Permiano II 116.
Perrine II 431.
Perrotin II 389, 448, 507.
Perseidi I 608; II 615 sg. 621.
Perseo I 17; II 561 sg, 577, 633.
Perturbazioni I 628 sg
Perù I 305, 307; II 269.
Pesch II 688.
Peso I 400; II 265, 523, 705.
Phillips II 370, 393, 485.
Phoebe II 255, 440, 460.
Pianciani II 116, 185.
Pianeti I 9, 314, 320, 404; II 24, 673.
Pianetini I 407 sg., 594 sg.; II 19, 504, 515 sg., 626, 716.
Piazzi I 407; II 516, 678.
Piazzi-Smyth I 346, 446
Picard I 302, 396; II 449, 714.
Piccolomini I 15, 392.
Pickering II 235, 462, 513, 552, 561, 567, 577.
Piede I 307.
Piedestallo I 162.
Pingrè I 580.
Pioggia (meteore) I 602, 605, 608; II 616.
Piombino I 26, 39, 141, 143, 150 sg.; II 174.
Piramide I 446; II 177.
Pistor I 166.
Pitagora I 333 sg.; II 709.
Pitagorici II 710.
Plaga I 41.
Planisferio I 77.
Plassmann II 248.
Plateau II 449, 659.
Plato (☽) II 226.
Platone I 327; II 708.
Pleiadi I 17, 616; II 403, 647.
Plenilunio I 484, 486.
Plinio I 323, 383, 497; II 88, 168, 196, 107, 213, 257, 596.
Plücker I 444; II 43.
Pluralità (mondi) II 299, 392, 407, 646, 680 sg.
Plutarco I 326; II 88, 192, 197.
Poggendorf I 444; II 659.
Pohle II 690, 704.
Polariscopio II 272, 333, 605.
Polarizzazione II 79.
Polo I 12 seg., 39, 439 sg.; II 115; 520.
Pontano II 596.
Ponti (luminosi) II 295.
Pontico I 337 sg.; II 709.
Pope I 403.
Portaluce II 27.
Posa II 15.
Posidonio I 294; II 194, 711.
Potsdam II 16, 17.
Poynting II 181.
Precessione I 34, 365, 439 sg.
Precisione II 22.
Preice II 567.
Presepio I 17; II 582.
Pressione (spettro) II 56.
Prisma I 167; II 33, 45, 65.
Prince II 494.
Principia (Newton) I 403; II 174.

Digitized by Google

Pritchard II 567.
Probabilità II 692.
Problema (Keplero) I 470 sg.
Problemi I 230 sg.
Procione I 19, 624.
Proctor II 370, 392, 703.
Proiezioni (sfera) I 50 sg.; (⊕) II 273.
Prospettiva I 7; II 168.
Prostaferesi I 345.
Protuberanze (☉) II 304, 306, 312 sg.
Prova (telescop.) I 627.
Pulfrich II 20.
Purbach II 713.
Pulsazioni (luminose) II 629 sg.
Pythea I 451; II 197.

Q

Quadrante I 95, 141, 142.
Quadrati (minimi) I 599.
Quadrato (geom.) I 137, 141.
Quadratura I 320, 485.
Quarto (☽) I 183, 484, 486; II 213.
Quaternità I 333
Quattro tempora I 563, 568.
Quintilis I 547, 549.

Radiante I 602, 606, 610; II 625.
Radiazione (☉) I 95; II 323.
Radium II 153.
Raffreddamento II 100, 548 sg.
Raggiera (☽) II 228, (☉) 332.
Raggio (astron.) I 138; (☉) 309.
— vettore I 475, 477, 479, 481.
Ranyard II 312.
Rarefazione II 56.
Rayet II 554.
Rayleigh II 153.
Registratore I 95; 128 sg.; II 22, 71, 313.
Regiomontano *v.* Müller.
Reich I 425; II 3, 180 sg.
Reinhold II 195.
Respighi II 244, 313, 532, 678.
Reticolo I 186, 189; II 29, 53.
Retrogrado I 315, 342, 359 sg., 387, 441, 596; II 510, 514, 625, 671.
Reye II 317.
Rheita *v.* De Rheita.
Riassunto I 312; II 706 sg.
Riccioli I 332, 394; II 2, 88, 202 sg., 212, 220, 251, 344, 351, 353, 370, 415, 441, 468, 471, 492, 610, 715.
Riccò II 300.
Richarz II 181.
Richelieu I 268.
Richer I 304.
Riefler I 122.
Riflessori I 176 sg.; II 13.
Riforma (calendario) I 547, 558, 573.
Rifrattori I 171 sg.
Rifrazione I 255 sg.; II 13.
Rigel I 19; II 641.
Rigge I 539.
Rigole (☽) II 231.
Rio Janeiro II 17.
Ristenpart I 312.
Rivelazione II 686 sg.
Riversione II 70.
Rivoluzione I 460, 490, 593.
Rocca di Papa II 126.
Rocce (striate) II 121.
Rodi I 268
Rodriguez II 143.
Roedkier II 489.
Roma I 133, 205, 313; II 5 sg., 16, 168.
Rombo (vento) I 288.

Digitized by Google

Römer I 429, 437; II 715.
Rosa (venti) I 43.
Rosa Ursina (R. U.) II 2, 268 sg.
Rosa P. II 502
Rosse I 181; II 388, 583.
Rotazione (☉) I 6, 413 sg.; II 533, (☽) 208, (♃) 275 sg. 330, 663 sg.
— (pianeti) II 521, 523, 705.
Rundschau II 405.
Rutherfurd II 11, 369.

S

Sacchi II 586.
Sacro Bosco I 352, 553; II 637, 712.
Safarik I 468.
Saggiatore I 385; II 278, 601.
Sagittario I 17; II 589.
Sahara II 122.
Salis II 700.
Salto (☽) I 564.
San Fernando I 110, 268, 313.
Santiago II 17.
Santini I 447; II 28, 299.
Santorio II 124.
Saros I 508, 509; II 250.
Saraceni II 711.
Sassonia G. I 352, 553.
Satelliti I 410; II 665.
— singoli II 408, 419, 428, 430 sg., 459 sg., 489 sg, 510, 514.
Saturno (♄) I 318, 343, 410, 424, 635; II 440 sg., 669, 717.
Scaligero I 577.
Scandagli II 642.
Scaphium I 95.
Scappamento I 119, 127.
Scheuten II 489, 501.
Scheiner J. II 68, 83, 551, 555, 717.
Scheiner P. I 203, 380; II 2, 30, 202, 266 sg., 276 sg., 281 sg., 326, 441, 551 sg., 577, 590, 715.
Schenk I 115.
Schiaparelli I 327, 332, 436, 597, 604, 611, 629, 687, 699; II 6, 249, 361, 368, 371 sg., 474 sg., 483, 494 sg., 507, 583.
Schiller I 20
Schmidt II 218, 235, 405.
Schmitt II 587.
Schön II 3.
Schönberg I 354.
Schröter I 407; II 3, 207, 243, 357, 358, 485, 492.
Schreiber II 204, 278.
Schwabe II 3, 449.
Schweiger L. II 417.
Sciami (meteorici) I 602 sg.; II 335, 615.
Sciaterica I 88 sg.
Scienziati II 6, 185.
Scintillazione II 524 sg.
Scintillometri II 531 sg.
Scintilloscopio II 531 sg.
Scorie II 103, 240, 328.
Scott II 140, 143.
Scrittura S. I 12, 22, 332, 350, 373, 382 sg., 390, 392, 559, 613; II 105, 114, 116 sg., 184 sg, 573, 582, 642.
— (testi) I 377, 543, 546, 642; II 130, 137, 266, 342, 349, 650, 679, 685, 689, 692, 703.
Secchi I 198, 299, 417, 610, 613, 642; II 5, 23, 34, 47, 50, 59 sg., 115 sg., 143 sg., 155, 191, 234, 244, 251, 268, 273, 287, 293, 301 sg., 316, 328, 332 sg., 349, 364 sg., 377, 404, 421, 444, 502, 533, 541 sg., 583, 590, 593, 605, 658, 678, 702, 704, 717.
Sedimenti II 110 sg.
See II 581, 617.

Digitized by Google

Seeliger II 453, 521.
Seidler II 567.
Selenografia I 483; II 2, 232 sg.
Selenologia II 232 sg.
Seleuco I 341.
Semiasse I 589.
Seneca I 326; II 88, 161, 255, 596, 604.
Serpentario I 11, 17; II 539, 560.
Serpieri II 630, 634.
Sestante I 158 sg., 282.
Sestile I 320.
Sestini II 559.
Settentrione I 12.
Settimana I 314, 543, 559, 707.
Settore (zenitale) I 432.
Settuagesima I 568.
Sextilis I 547, 549.
Sezioni (coniche) I 50 sg., 581 sg.
Sfera I 1 sg., 30 sg., 45, 327 sg., 336, 351, 441.
Sferoide (♁) I 299.
Siberia I 132.
Siderale I 79, 460, 490.
Sidereus (nuncius) I 379; II 2.
Sideriti II 623, 627.
Siderostati II 28.
Sidgreaves II 300, 577.
Siluriano II 116.
Silvestro I 117, 314, 559.
Sinodico I 490.
Sirio I 19, 545, 623; II 547, 556, 639.
Sirsali II 351.
Sisto (IV) I 553.
Sistema (☉) I 319 sg., 352 sg., 409, 583; II 637, 644, 651 sg., 714
Sistemi (varii) I 327 sg., 340, 352 sg., 372; II 708, 650, 675, 709.
Sizi I 380.
Sizigie I 484, 499, 507.
Smyth II 583.
Snell I 297.
Società II 717.
Socrate I 327; II 708.
Sodio II 42, 47, 316 sg., 547, 606.
Soffioni II 127.
Solà II 498.
Sole (☉) I 263, 454, 614 sg., 616; II 11, 23, 168, 262 sgg., 647, 719.
Solidità (sfera) I 331, 351.
Solfatara II 127.
Solstizio I 34, 363.
Somnium (Kepl) II 89, 93, 192.
Sosigene I 549; II 711.
Sotis I 545.
Spazio I 78; II 98, 600, 641, 644.
Specchi I 166, 176 sg.
Spettro II 34 sg., 44, 49, 56, 73, 155, 308 sg., 396, 426, 454, 482, 509, 530, 543 sg., 577, 580, 593, 605, 613, 622.
Spettrografo II 71.
Spettrometro II 53.
Spettroscopia I 438; II 33 sgg., 152 sg.
Spettroscopio II 41, 59 sg.
Spettroscopisti ital. II 285, 319.
Splendore (♀) II 469.
Spörer II 279.
Squadro I 140.
Stabilimento (porto) II 134.
Stabilità I 639; II 655.
Stagioni I 363; II 91, 355, 457.
Stanley II 390.
Stato (orolog.) I 132.
Stazione I 315.
Stella (polare) I 12, 39, 446; II 580.
— (Betlemme) II 573; (Ticonica) II 559.
— (mattutina) II 465, 491.
Stelle (fisse) I 9, 15 sg., 314, 327, 353, 618 sg., 638, 642 sg.
— (cadenti) I 436, 601 sg.; II 25, 615 sg.

Digitized by Google

Stelle (doppie e multiple) I 627; II 557, 622.
— (fondamentali) I 312.
— (nuove) II 446 sg.
— (variabili) I 437; II 21, 559 sg., 563 sg., 675.
Stereografica (proiez.) I 58 sg.
Stereoscopio II 20.
Stewart II 300, 634.
Stokes II 46.
Stone II 346.
Stonyhurst II 255.
Stoppani II 108, 132.
Strabone II 197.
Strassmaier I 324.
Stroobart II 490.
Strumenti I 136 sg., 145 sg.
Struttura (univ.) II 647.
Struve II 6, 447, 463.
Stuyvaert II 448.
Superficie (pianeti) II 522.
Sviluppi (sfera) I 75 sg.
Swea II 19.
Swift II 505.
Sydney II 17.
Syene I 293.

T

Tabucaya II 17.
Tacchini II 6, 245.
Talete I 325, 580; II 709.
Tavola (anaclastica) I 259 sg.
— (Aurora, Ave Maria ecc.) I 240.
— (Calendario rom.) I 551.
— (Calend. perpetuo) I 569.
— (cumuli stellari) II 583.
— (comete) I 600, 609.
— (eclissi lun.) I 509.
— (elementi planet.) I 593; II 522; (☿ e ☽) II 705.
— (equazione del tempo) I 111.
Tavola (gradi) I 306.
— (latitudine geogr.) I 310, 313.
— (lettere domenicali) I 562.
— (oggetti di prova) I 627.
— (osservatorii) I 313.
— (parallassi) II 639.
— (satelliti) I 410.
— (stelle doppie) I 625.
— (stelle nuove) II 562.
Tavole (Alfonsine) II 713; Rudolfine) I 371.
Telegrafo I 277.
Telescopio I 170 sg., 627; II 12, 13, 16.
Tellurico (spettro) II 156, 500.
Tempel I 600, 609.
Temperatura II 56, 98, 101, 107, 122, 242, 346, 577.
Tempeste II 142.
Tempi periodici I 640.
Tempo I 78 sg., 109.
Tempo (presagi) II 143, 349, 542.
Teneriffa I 268.
Teodolite I 200.
Teone I 290.
Teoremi I 216 sg.
Teramo I 313.
Terby II 353, 367, 370, 488, 485.
Terminatore II 198, 212.
Termometro I 261.
Terra (costituzione) II 86 sg.
— (figura) I 299 sg., 424.
— (misure) I 290 sg.
— (moti) I 363 sg.
— (orbita) I 454 sg.
— (perturbazioni) I 637 sg.
— (rotazione) I 413 sg.
— (traslazione) I 429 sg.
Terre (lunari) II 224.
Terremoti II 129.
Tesoreria II 582.
Tetraedro I 370.
Tetraktys I 333.

Digitized by Google

Thollon II 448.
Thomson (Kelvin) II 189, 339, 677.
Ticone *v.* Tycho.
Timocari I 441; II 710.
Tipi 545 sg., 612.
Tisserand II 453.
Titius II 404, 406, 410.
Tivoli II 127.
Todd II 505, 515.
Tolomeo I 16, 342 sg., 499; II 88, 196, 556, 711.
Tolosa II 17.
Tommaso (S.) I 81, 331, 336, 350, 382; II 197, 646, 690.
Topografia II 118, 217 sg., 376 sg., 484.
Torino I 49, 313.
Torqueto I 144.
Torres I 162.
Tortolini II 449.
Tramontare I 233, 240, 264, 320.
Trasformazione (coord.) I 246 sg., 585 sg.
Traslazione (♁) I 429 sg.
Tre corpi I 630.
Trento I 554.
Trepidazione I 445.
Trepiede I 165, 198, 200, 205.
Triangolazione I 280, 298.
Triangolo I 214 sg., 223 sg., 230.
Triesnecker I 211, 306.
Trigonometria (sferica) I 213 sg.
Trigonale I 320.
Trilione I 323.
Triquetro I 136, 296, 353.
Tropica (rivol.) I 490.
Tropico I 41, 460.
Trottola I 443.
Trouvelot II 475, 485.
Tuccimei II 189.
Tufi II 125.
Tuttle I 506, 609.
Tycho (Brahe) I 45, 136, 141, 256, 340, 371, 499, 500, 635; II 350, 559, 601, 715.

U

Ugenio *v.* Huygens.
Ugualiante I 350.
Ultravioletto II 72.
Ulugh Beigh I 451.
Uniformità II 667.
Universale I 201.
Universo I 2, 642; II 588, 636 sg.
Università (Gregoriana) II 5, 559.
Uomo II 131, 187.
Urano (♅) I 406, 410; II 506 sg., 671 sg.
Uranoliti II 618.
Uranometria I 15.
Urbano (VIII) I 381, 385.

V

Valentiner I 312.
Van den Hove (Hortensius) II 492.
Van Langren *v.* Langren.
Vapori II 157.
Variabilità II 675. *v.* Stelle.
Variazione (☽) I 500; II 342.
Varrone I 37; II 196.
Vaticano II 16, 17.
Vega I 19; II 639.
Vegetazione II 242, 380, 684, 702.
Velocità I 427.
Venere (♀) I 319, 349, 464; II 465 sg., 673.
Venezia I 313.
Verniero I 145.
Verticale I 35, 99.
Vespertina (stella) II 465, 491.
Vespucci I 278.
Vesta (Hestia) I 333, 408.
Vesuvio II 124, 128.
Via lattea I 22; II 585 sg.

Digitized by Google

Vicarello II 127.
Vienna I 211.
Villiger II 477.
Virgilio I 12, 31, 427, 601; II 269.
Visibilità (☽) II 256.
Visione (diretta) II 61.
Vita (organica) II 242, 380, 627, 680 sg.
Vite (microm.) I 148 sg., 161, 193.
Viterbo II 127.
Vitruvio I 289.
Viviani I 417.
Vogel II 6, 369, 492, 552 sg., 577. 593, 611, 717.
Volta celeste I 7.
Volume I 400, 496; II 173, 232, 263, 522, 705.
Vulcani (♃) II 124 sg.
Vulcani (☽) II 235, 243 sg.
Vulcano (pianeta) II 505.

W

Wallace II 688.
Walther II 712.
Wargentin II 256.
Warren de la Rue II 300.
Washington I 110, 268, 277, 313.
Wassmann II 191.
Watson II 505.
Weinek I 603; II 31, 222, 246.
Weiss I 211.
Welser II 266 sg.
Werner I 145; II 3.
Weyer I 610.
Widmannstat I 354.
Widmannstätten II 627.
Widnes II 171.
Wilsing II 292.
Wilson II 298, 300, 328.
Winnecke I 596; II 357.
Wislicenus II 718.
Witt I 595.
Wolf I 594; II 19, 68, 203, 268, 346, 415, 505, 554, 567, 587.
Wollaston II 36.
Wright II 656.
Wurm I 406.

Y

Yard I 307.
Yerkes II 480.
Young II 249, 293, 316, 317, 336, 337, 507.

Z

Zaccaria II 690.
Zach I 407.
Zenareidi II 517.
Zenit I 27, 199, 432; II 22.
Ziegler II 626.
Zi-ka-wei II 142, 630.
Zodiacale (luce) II 337, 628 sg.
Zodiaco I 14, 34, 446.
Zöllner II 32, 70, 78, 296, 312, 328, 396, 556.
Zona I 41; II 548, 584.
Zone regie II 293.
Zucchi I 176; II 351, 415, 441.
Zupi II 351, 415, 492.

Digitized by Google